www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

JAARGANG 20, 1958, no. 11 blz. 325-360 Verschenen 6 maart 1959

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELEND TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

DE PHILIPS HEETGASMOTOR MET RUITDRIJFWERK

door R. J. MEIJER.

621.412-231.312

Na de eerste mededelingen over de Philips heetgasmotor, die in de jaren 1946 en 1947 in dit tijdschrift werden gepubliceerd, is het onderzoek en de ontwikkeling van deze motor in verschillende richtingen verdergegaan. Enerzijds is uit het onderzoek te voorschijn gekomen de koudgaskoelmachine, die reeds sinds enkele jaren in geregelde fabricage is, anderzijds heeft het geleid tot een nieuw soort drijfwerk, dat speciaal voor de constructie van de motor — en met name voor grote motoren — belangrijke consequenties meebracht. Door toepassing van dit drijfwerk kon men van de dubbelwerkende machine terugkeren tot de thermodynamisch gunstiger verdringermachine. Hierdoor en door een aantal verbeteringen in de constructie van regenerator, verhitter enz. is de motor in een vorm gebracht die goede verwachtingen voor de verdere ontwikkeling wekt. De metingen aan een op de nieuwe wijze geconstrueerde 40 pk-proefmotor hebben aangetoond dat deze wat betreft het rendement en het specifieke vermogen kan wedijveren met de beste thans bekende snellopende calorische werktuigen, terwijl deze motor voorts de gunstige eigenschappen bezit die inherent zijn aan het heetgasproces.

Het reeds sinds het begin van de vorige eeuw bekende hetelucht- of heetgasproces kan op zeer efficiënte manier gerealiseerd worden indien men gebruik maakt van moderne materialen en van nieuwe inzichten op het gebied van stroming en warmteoverdracht. Dit is in een aantal artikelen in vorige jaargangen van dit tijdschrift uiteengezet [1][2][3][4][5].

Eigenaardig genoeg, heeft de ontwikkeling van het proces in de Philips laboratoria niet in de eerste plaats geleid tot een heteluchtmotor, doch tot een koudgaskoelmachine — een apparaat dat inmiddels reeds een belangrijke plaats in de koeltechniek heeft verworven. Dat de ontwikkeling van de motor langzamer is gegaan, heeft verschillende oorzaken. Voornamelijk waren hieraan schuld de praktische moeilijkheden die optraden toen we ons toelegden op de toepassing van het principe van de dubbelwerkende motor [3].

Dit principe was wel zeer elegant en verleidelijk: terwijl het grondtype van de heetgasmotor (de Stirling-motor) werkt met een zuiger èn een verdringer, vervulde in onze dubbelwerkende motor één bewegend lichaam de functie van beide, wat mechanisch een aanzienlijke vereenvoudiging betekende. Bovendien behoefde bij de dubbelwerkende motor, in tegenstelling met de toen geconstrueerde en op zichzelf heel goed werkende kleine verdringermachines, de krukkast niet onder hoge druk te staan. De dubbelwerkende motor bood daardoor goede vooruitzichten voor het gebied van de grote vermogens, waar een krukkast onder hoge druk tot onaanvaardbaar zware constructies zou leiden. De prijs echter die men voor deze voordelen moest betalen, was dat men bij de dubbelwerkende motor te maken kreeg met een buitengewoon moeilijk smeerprobleem: een zuiger moest hier een bewegende dichting vormen tussen een hete en een koude ruimte waartussen grote drukverschillen optreden. Bovendien was deze motor in thermo- en aërodynamisch opzicht minder gunstig dan de verdringermachine, aangezien de variabele hete en koude ruimten (zie hieronder) in relatieve grootte en faze niet vrij gekozen konden worden.

---

[1]) H. Rinia en F. K. du Pré, Heteluchtmotoren, Philips techn. T. **8**, 129-136, 1946.
[2]) H. de Brey, H. Rinia en F. L. van Weenen, De grondslagen voor de ontwikkeling van de Philips heteluchtmotor, Philips techn. T. **9**, 97-104, 1947.
[3]) F. L. van Weenen, De constructie van de Philips heteluchtmotor, Philips techn. T. **9**, 125-134, 1947.
[4]) J. W. L. Köhler en C. O. Jonkers, Grondslagen van de koudgaskoelmachine, Philips techn. T. **16**, 33-43, 1954.
[5]) J. W. L. Köhler en C. O. Jonkers, Constructie van een koudgaskoelmachine, Philips techn. T. **16**, 61-71, 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info
11/14/2023

In hetgeen volgt, zal nu de constructie van een verdringermotor worden besproken waarin eveneens bereikt is dat de krukkast niet onder hoge druk behoeft te staan, dank zij de toepassing van een nieuw soort drijfwerk. Dit drijfwerk biedt bovendien het voordeel dat reeds een ééncilindermotor volledig gebalanceerd kan worden. Van een 40 pk-ééncilinder-heetgasmotor die volgens deze constructie is uitgevoerd, zullen een aantal bijzonderheden en meetresultaten betreffende vermogen en rendement worden gegeven.

Om de lezer niet te verplichten de vroegere jaargangen van dit tijdschrift na te slaan, zullen we heel in het kort het principe van de heetgasmotor recapituleren. Daarbij baseren we ons meteen op een verdringersysteem.

Recapitulatie van het heetgasproces

Bij de motor met inwendige verbranding verkrijgt men een arbeidsoverschot doordat men een bepaalde hoeveelheid lucht bij lage temperatuur comprimeert (vóór of na de toevoeging van brandstof), vervolgens door een snelle verbranding verhit, en daarna bij hoge temperatuur laat expanderen.

Hetzelfde principe, nl. het bij lage temperatuur comprimeren en het bij hoge temperatuur laten expanderen van een bepaalde hoeveelheid gas, ligt aan de heetgasmotor ten grondslag. Het gas wordt hier echter op geheel andere wijze verhit, nl. door van buiten af, dóór een wand heen, warmte aan het gas in de motor toe te voeren. Daarom spreekt men wel van een motor met uitwendige verbranding. Hierbij kan het verhitten en afkoelen van het gas natuurlijk niet geschieden door snel opwarmen en afkoelen van de wand, met zijn grote warmtecapaciteit. In 1817 heeft Stirling echter reeds ingezien dat een periodieke verandering in de gastemperatuur verkregen kan worden door het gas met behulp van een „verdringer" heen en weer te schuiven van een ruimte met een constante hoge temperatuur naar een ruimte met constante lage temperatuur en omgekeerd; zie *fig. 1*. Indien we de in fig. 1 getekende verdringer b.v. omhoogbewegen, stroomt het gas uit de warme ruimte via verhitter- en koelerkanalen naar de koude ruimte. Bewegen we daarna de verdringer omlaag, dan stroomt het gas langs dezelfde weg terug naar de warme ruimte. Bij de eerstgenoemde verplaatsing moet het gas een grote hoeveelheid warmte afgeven, die het bij de tweede verplaatsing weer moet opnemen. Om hierbij niet onnodig warmte te verspillen, is tussen het verhitterkanaal en het koelerkanaal de in fig. 1 aangegeven regenerator geplaatst. Dit is een ruimte, gevuld met een poreuze massa, waaraan het hete gas warmte afgeeft vóór het de koeler binnenstroomt, terwijl bij terugkerende gasstroom de opgeslagen warmte weer aan het gas afgegeven wordt vóór het in de verhitter komt.

Het geschetste verdringersysteem voor periodieke verhitting en afkoeling van het gas wordt gecombineerd met een zuigersysteem, dat het gas comprimeert als het zich in de koude ruimte bevindt,

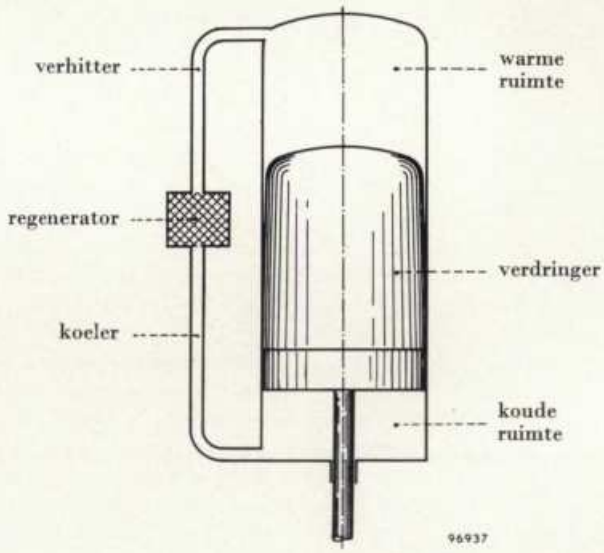


Fig. 1. Principe van het verdringersysteem. Door heen en weer bewegen van de verdringer doet men het gas via koeler, regenerator en verhitter stromen van de koude naar de warme ruimte en omgekeerd.

en het laat expanderen als het zich in de warme ruimte bevindt (in beide gevallen afgezien van de schadelijke ruimte in de koeler, verhitter enz.). Doordat het comprimeren bij een lagere temperatuur geschiedt dan het expanderen, ontstaat een arbeidsoverschot. Het proces dat door het gehele systeem doorlopen wordt als we zuiger en verdringer op een bepaalde manier discontinu laten bewegen, is in *fig. 2* in vier fazen voorgesteld. In *fig. 3* zijn de hierbij onderstelde verplaatsingen van zuiger en verdringer als functie van de tijd uitgezet; de ordinaten in strook E geven de volumevariatie van de warme ruimte, die in strook C de volumevariatie van de koude ruimte aan. Deze volumevariaties zijn onderaan nog eens afzonderlijk uitgezet. *Fig. 4* is het p-V-diagram van dit proces (V = totaal volume van het gas).

In de praktijk moet de in deze figuren onderstelde discontinue beweging van zuiger en verdringer worden vervangen door een continue beweging, b.v. verkregen door een of ander kruk-drijfstang-mechanisme. De overgangen tussen de vier fazen zijn dan niet meer scherp aan te geven, maar dit doet aan het principe van het proces (en ook aan

Digitized in Heiloo the Netherlands
Not for sale!

www.freeservicemanuals.info
11/14/2023

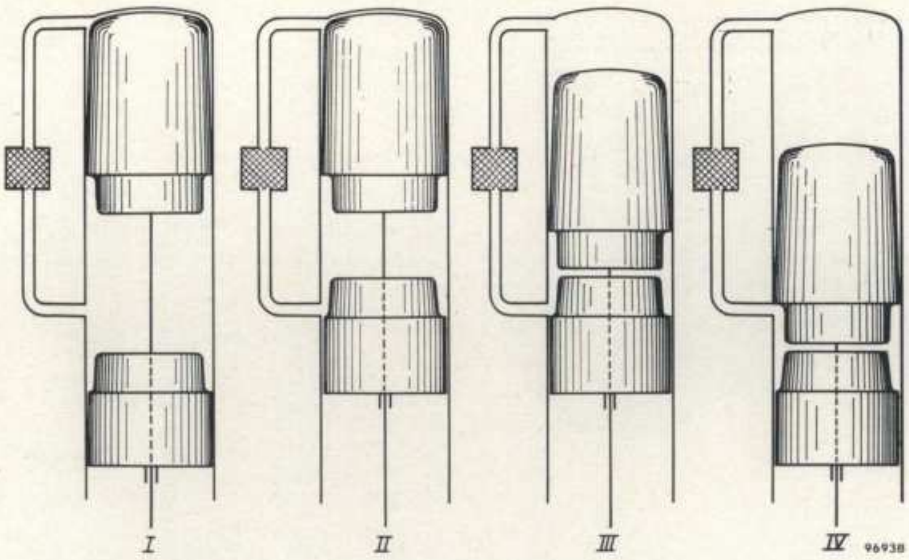


Fig. 2. Schema van het heetgasproces. Ter verduidelijking laten we de zuiger en verdringer discontinu bewegen en kunnen dan vier fazen onderscheiden, gekenschetst door de volgende situaties:
I Zuiger in onderste stand, verdringer in hoogste stand; al het gas bevindt zich in de koude ruimte.
II De verdringer is in de hoogste stand gebleven; de zuiger heeft het gas gecomprimeerd bij lage temperatuur.
III De zuiger is in de hoogste stand gebleven; de verdringer heeft het gas via koeler, regenerator en verhitter naar de hete ruimte geschoven.
IV Het hete gas is geëxpandeerd, verdringer en zuiger zijn samen in de onderste stand aangekomen. Hierna zal de verdringer (terwijl de zuiger blijft staan) het gas via verhitter, regenerator en koeler naar de koude ruimte schuiven, zodat weer situatie *I* wordt verkregen.

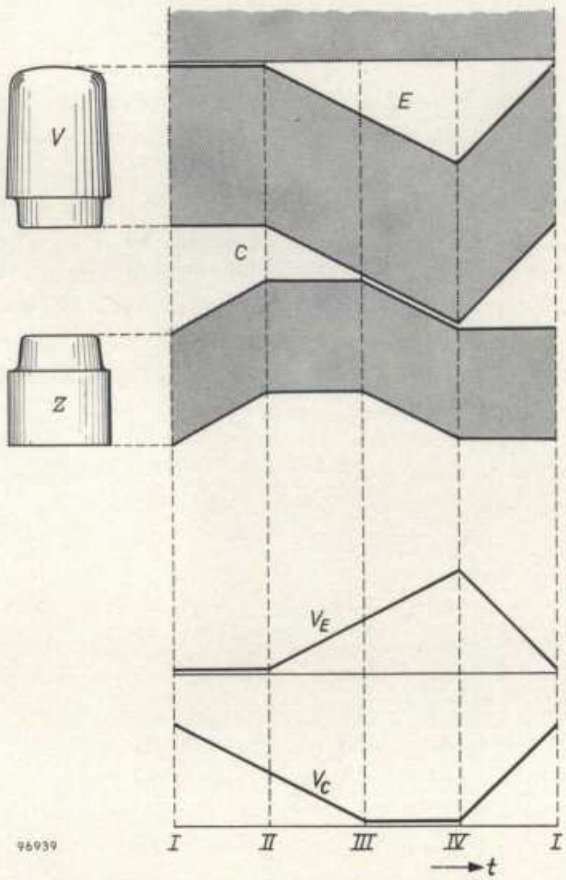


Fig. 3. De in fig. 2 onderstelde discontinue verplaatsingen van zuiger (Z) en verdringer (V) als functie van de tijd. Strook E geeft de volumevariaties van de warme ruimte (V_E), strook C die van de koude ruimte (V_C). De variaties zijn onderaan afzonderlijk uitgezet.

het rendement, zie hieronder) niets af. De verplaatsingen van zuiger en verdringer worden nu b.v. weergegeven door *fig. 5*, waarin de volumevariaties van de warme en de koude ruimte weer afzonderlijk zijn uitgezet. Voor het ontstaan van een arbeidsoverschot is het alleen essentieel dat de variatie van de warme ruimte in faze vóór is ten opzichte van die van de koude ruimte; dit komt erop neer

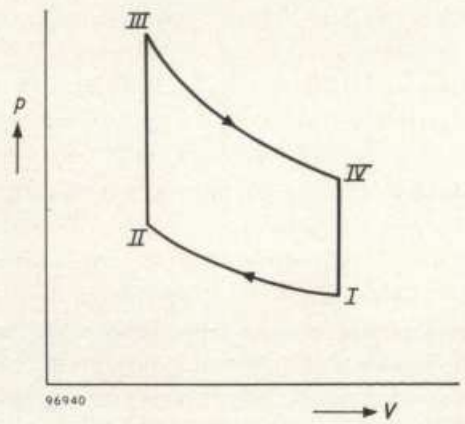


Fig. 4. Het p-V-diagram van het door fig. 3 bepaalde heetgasproces.

dat het in *fig. 6* getekende bijbehorende p-V-diagram kloksgewijs doorlopen wordt.

Voor de beschouwingen over het specifieke vermogen en het rendement, die we hieronder zullen geven, is het nodig dat we ook de belangrijkste

Digitized in Heiloo the Netherlands
Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

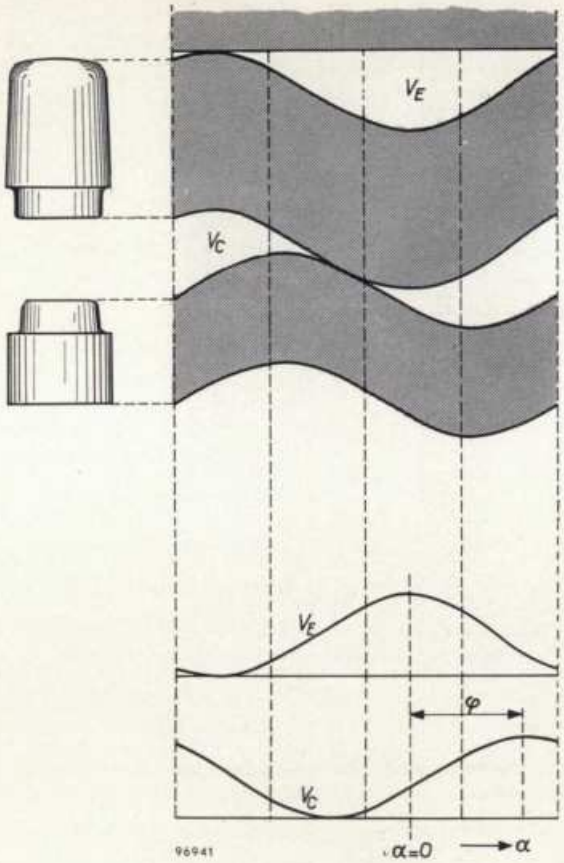


Fig. 5. Hetzelfde als in fig. 3, bij een continue beweging van zuiger en verdringer (op de abscis is de krukhoek α uitgezet). De fazen van het proces zijn nu niet meer scherp te scheiden.

formules herhalen, die in de aangehaalde artikelen werden afgeleid. Deze zijn gebaseerd op de onderstelling dat het volume V_E van de warme ruimte (expansieruimte) en het volume V_C van de koude ruimte (compressieruimte) zuiver harmonisch met de krukhoek α van de motor variëren:

$$\left.\begin{aligned} V_E &= \tfrac{1}{2} V_0(1+\cos\alpha), \\ V_C &= \tfrac{1}{2} w V_0[1+\cos(\alpha-\varphi)]. \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \quad (1)$$

De krukhoek α (die bij constante hoeksnelheid ω evenredig met de tijd t is: $\alpha = \omega t$) is daarbij gerekend vanaf de stand waarbij V_E zijn maximale waarde V_0 heeft; φ is de fazehoek tussen de volumevariaties van koude en warme ruimte (zie fig. 5), w de verhouding van hun maximale volumes. In werkelijkheid zullen V_E en V_C zeker niet zuiver harmonisch variëren, maar berekeningen hebben aangetoond dat de invloed van de hogere harmonischen meestal te verwaarlozen is. Verder is voor de afleiding van de formules een gestyleerd proces aangenomen, gekenmerkt door constante temperaturen T_E en T_C van het gas in resp. warme en koude ruimte, terwijl verliezen door de stromingsweerstand en andere effecten (waarop we verderop nog nader zullen ingaan) verwaarloosd zijn. Als belangrijke grootheid wordt nog ingevoerd de temperatuurverhouding:

$$\tau = T_C/T_E \qquad (\tau < 1). \; . \; . \; . \quad (2)$$

De voorwaarde dat de massa van het arbeidsmedium bij het proces constant blijft, leidt dan tot de formule voor de druk p als functie van de krukhoek:

$$p = p_{max}\frac{1-\delta}{1+\delta\cos(\alpha-\Theta)}, \quad . \; . \; . \quad (3)$$

waarbij p_{max} de maximaal optredende druk is en

$$\delta = \frac{\sqrt{\tau^2 + w^2 + 2\tau w\cos\varphi}}{\tau + w + 2s}, \quad . \; . \; . \quad (4)$$

$$\operatorname{tg}\Theta = \frac{w\sin\varphi}{\tau + w\cos\varphi} \qquad (\Theta < 180^\circ) \; . \quad (5)$$

(s = zg. relatieve gereduceerde schadelijke ruimte). Hieruit volgt de gemiddelde waarde van de druk:

$$\bar{p} = p_{max}\sqrt{\frac{1-\delta}{1+\delta}}, \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

en het vermogen:

$$N = \tfrac{1}{2}\omega V_0\bar{p}\,(1-\tau)\frac{\delta}{1+\sqrt{1-\delta^2}}\sin\Theta. \; . \; . \quad (7)$$

Daar we te maken hebben met een omkeerbaar kringproces, waarbij volgens de idealiserende onderstellingen (isothermisch gedrag in koude en warme ruimte, bovendien geheel verliesvrije werking van de regenerator) alleen bij een temperatuur T_E warmte wordt toegevoerd en alleen bij een temperatuur T_C warmte wordt afgevoerd, is volgens een stelling uit de thermodynamica het rendement van de omzetting van warmte in arbeid gelijk aan het rendement van het kringproces van Carnot:

$$\eta = \frac{T_E - T_C}{T_E} = 1-\tau. \; . \; . \; . \quad (8)$$

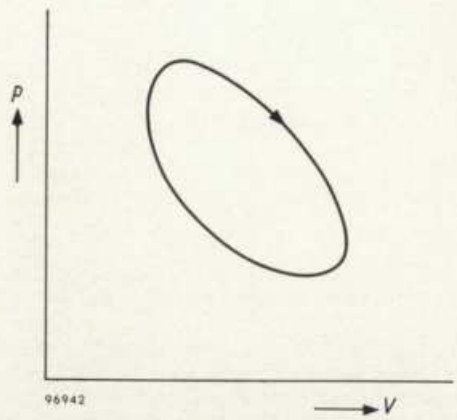


Fig. 6. Het p-V-diagram van het door fig. 5 bepaalde proces.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Hieruit volgt dan nog de per seconde toegevoerde hoeveelheid warmte:

$$q_E = \frac{N}{\eta} = \tfrac{1}{2}\,\omega V_0\,\bar{p}\,\frac{\delta}{1+\sqrt{1-\delta^2}}\sin\Theta \quad . \quad . \quad (9)$$

Met deze recapitulatie willen we volstaan. Thans volgen nog enkele conclusies, die een aantal richtlijnen voor de realisatie van een heetgasmotor opleveren.

Specifiek vermogen, verliezen en totaal rendement

De constructie van een motor zal, met behoud van bepaalde eigenschappen zoals b.v. een voldoende levensduur, in het algemeen gericht zijn op een zo groot mogelijk specifiek vermogen, waaronder we voortaan zullen verstaan het aan de as afgegeven vermogen per eenheid van zuigerslagvolume, en een zo hoog mogelijk totaal rendement, d.i. asvermogen gedeeld door de, uit de brandstof verkregen, warmte per tijdseenheid. Deze twee doelstellingen leiden tot eisen die op sommige punten met elkaar in strijd zijn.

Uit formule (7) zien we dat het vermogen van een gegeven motor (met voorlopig vastgestelde parameters w, φ en s) kan worden vergroot door vergroten van de gemiddelde druk $\bar{p}$, door vergroten van het toerental n (hoeksnelheid ω) en door verkleinen van de verhouding τ. Het laatste is rechtstreeks ook nuttig voor het rendement η, dat theoretisch, blijkens formule (8), uitsluitend van τ afhangt. Men zal dus de temperatuur van het koelmedium, die T_C bepaalt, zo laag mogelijk dienen te nemen, en de temperatuur T_E, waarbij de warmte aan de verhitter wordt toegevoerd, zo hoog mogelijk, d.w.z. zo hoog als de materiaaleigenschappen van de verhitterwanden (o.a. kruip- en oxydatievastheid) toelaten. Om te zien of en hoe de beide andere genoemde factoren, $\bar{p}$ en n, het rendement beïnvloeden, moeten we letten op de diverse soorten verliezen, die in de formules niet verdisconteerd zijn.

De belangrijkste verliezen zijn [6]):

a) Mechanisch verlies, veroorzaakt door wrijving van de bewegende delen.

b) Zg. adiabatisch verlies. Doordat de expansie en compressie in de variabele ruimten niet isotherm doch nagenoeg adiabatisch geschieden, zal de gemiddelde temperatuur T_{Ea} in de warme ruimte lager zijn dan de temperatuur T_E van de verhitter, bij welke temperatuur de warmte wordt toegevoerd. Analoog is in de koude ruimte T_{Ca} hoger dan T_C. De motor heeft dus inwendig een temperatuurverhouding $\tau_a = T_{Ca}/T_{Ea}$ die groter is dan de uitwendige τ, met als gevolg een geringer rendement.

c) Stromingsverlies, d.i. het vermogen dat nodig is om het gas heen en weer te doen stromen door koeler, regenerator en verhitter.

d) Regeneratorverlies. Daar een regenerator in de praktijk nooit voor 100% effectief kan zijn, komt het gas uit de regenerator met een te hoge temperatuur in de koeler, en met een te lage temperatuur in de verhitter. Dit kost extra-warmte, die in de koeler wordt afgevoerd.

e) Warmteoverdrachtsverlies in de constructie-elementen die de warmte-uitwisseling moeten bewerkstelligen tussen het werkmedium enerzijds en het koelmedium resp. de verbrandingsgassen anderzijds. Dit verlies heeft evenals het adiabatisch verlies tot gevolg dat de inwendige temperatuurverhouding vergroot wordt.

f) Schoorsteenverlies, dat inherent is aan elke brander. De verbrandingsgassen kunnen aan de verhitter slechts zoveel warmte afgeven tot zij tot diens temperatuur afgekoeld zijn. Zonder verdere maatregelen zou de resterende warmte van de verbrandingsgassen door de schoorsteen verdwijnen. Men kan dit schoorsteenverlies sterk reduceren door in een zg. voorverhitter de verbrandingsgassen verder af te koelen in tegenstroom met de verse koude verbrandingslucht, die aldus voorverhit wordt.

Een nadere beschouwing leert nu dat van de genoemde factoren $\bar{p}$ en n de eerste, de gemiddelde gasdruk $\bar{p}$ in de motor, weinig invloed heeft op de relatieve grootte van de verliezen [7]). Het is dus altijd voordelig, $\bar{p}$ hoog te kiezen; de hieronder beschreven proefmotor is zo geconstrueerd dat voor $\bar{p}$ een waarde tot ca. 100 kg/cm² kan worden toegelaten. Verhoging van het toerental n daarentegen is nadelig voor het rendement, omdat de stromingsverliezen méér dan evenredig met het toerental toenemen. De stromingsverliezen hangen echter behalve van het toerental (en natuurlijk van de dimensionering der kanalen) ook sterk af van de aard van het gas dat als werkmedium in de motor wordt gebruikt. Aangezien het heetgasproces zich afspeelt in een gesloten systeem, zijn we geheel

[6]) De verliezen (a) t/m (e) zijn enigszins uitvoerig besproken bij de behandeling van de koudgaskoelmachine [5]), waarvoor zij evenzeer gelden. Het verlies (f) heeft men daar natuurlijk niet.

[7]) Er is wel een zekere invloed van het afgegeven vermogen — en daardoor van $\bar{p}$ zowel als van n — op de relatieve grootte van het verlies (e): hoe meer warmte q_E men per seconde door de gegeven wandoppervlakte van de warmte-uitwisselaars wil laten stromen, des te groter wordt hier de temperatuurval en des te groter de inwendige temperatuurverhouding.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vrij in het kiezen van dit gas. Voor de nieuwe motor hebben we waterstof als werkmedium gekozen. De stromingsverliezen zijn dank zij de geringe dichtheid van dit gas ook bij betrekkelijk hoge toerentallen nog niet overmatig. Bovendien heeft waterstof het voordeel van een uitstekende warmteoverdracht. Bij de beschreven uitvoering is het nominale toerental 1500 omw/min.

In plaats van waterstof kan men ook helium als werkmedium gebruiken. Het totale rendement blijkt dan iets lager te zijn.

De verdere bijzonderheden van de motor die we hieronder zullen bespreken, betreffen vooral het reeds genoemde nieuwe drijfwerk, voorts nieuwe constructies van regenerator, verhitter, koeler en voorverhitter, en ten slotte een nader uitgewerkte inrichting voor het regelen van het vermogen van de motor.

Het drijfwerk van de verdringermachine

Vroegere uitvoeringsvormen

De vereiste bewegingen van zuiger en verdringer kunnen op verschillende manieren gerealiseerd worden. *Fig. 7* toont een drijfwerk zoals vroeger uitgevoerd is bij kleine heteluchtmotoren. De zuiger is hier op normale wijze door een drijfstang D aan de krukas K verbonden; de verdringerbeweging

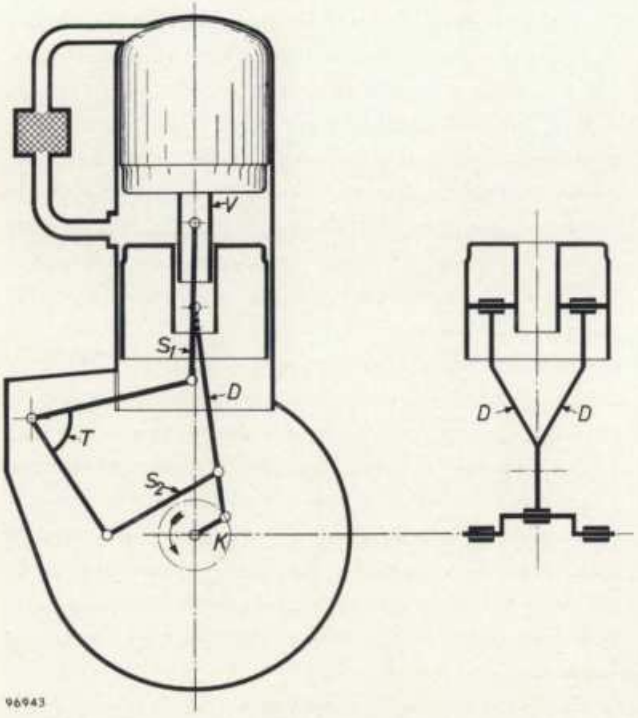


Fig. 7. Schema van een drijfwerk zoals werd gebruikt voor kleine heteluchtmotoren. D = gevorkte zuigerdrijfstang, K = krukas, T = tuimelaar, door stangen S_1 en S_2 scharnierend verbonden aan de verdringerstang V en aan een bepaald punt van D.

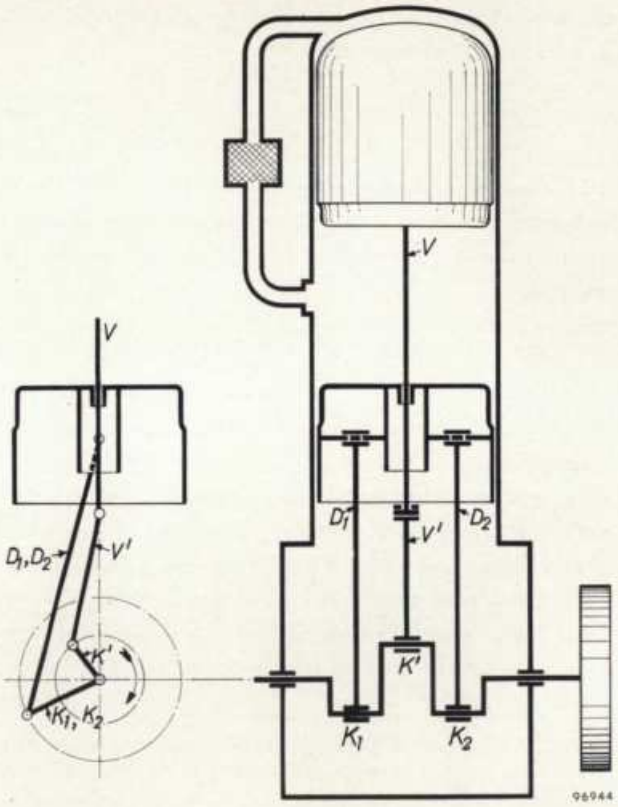


Fig. 8. Drijfwerk, gebruikt voor de koudgaskoelmachine. Twee evenwijdige drijfstangen D_1 en D_2 op krukken K_1 en K_2 zijn verbonden aan de zuiger, een drijfstang V' op een tussenin gelegen kruk K' is verbonden aan de verdringerstang V.

wordt afgeleid van de zuigerbeweging door middel van de tuimelaar T, die door de scharnierende stangen S_1 en S_2 verbonden is respectievelijk aan de verdringerstang V en aan een bepaald punt van de zuigerdrijfstang. De laatstgenoemde moet gevorkt zijn, om ruimte te geven aan de centraal door de zuiger gevoerde verdringerstang en aan S_1. Een andere uitvoeringsvorm van een verdringerdrijfwerk is toegepast in de Philips koudgaskoelmachine; zie *fig. 8*. Dit drijfwerk bevat drie krukken, waarvan de twee buitenste onder dezelfde hoek staan en door twee evenwijdige drijfstangen aan de zuiger verbonden zijn; de verdringer ontvangt zijn beweging van de middelste kruk, die over een zekere hoek is gedraaid ten opzichte van de twee buitenste.

Het nadeel dat de drijfwerken volgens fig. 7 en fig. 8 aankleeft als men ze voor grote motoren zou willen toepassen, hebben we in de inleiding reeds even aangestipt: men moet de krukkast vullen met het werkmedium onder een hoge druk. Dit is noodzakelijk zowel om de gaslek langs de zuiger te beperken, als om de eenzijdig op het drijfwerk uitgeoefende krachten niet onnodig groot te maken. Immers, zonder compenserende druk in de drukkast werkt op de zuiger een drukverschil dat varieert tussen p_{min} en p_{max}, d.z. respectievelijk de minimale

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en de maximale druk die tijdens het kringproces in de werkruimte optreden. Maakt men de compensatiedruk b.v. gelijk aan p_{min}, dan is het maximale op de zuiger werkende drukverschil verminderd tot $p_{max} - p_{min}$.

Het is duidelijk dat de krukkast-onder-hoge-druk leidt tot relatief zware constructies. Dit bezwaar geldt vooral voor grote machines, en het wordt nog erger indien men ter vergroting van het specifieke vermogen naar zeer hoge drukken van het werkmedium gaan wil, zoals hierboven werd uiteengezet.

Het nieuwe drijfwerk (ruitdrijfwerk)

Het nieuwe drijfwerk, dat we nu willen beschrijven, bestaat, kort gezegd, uit twee identieke excentrisch geplaatste krukdrijfwerken, met tegengestelde draairichting en gekoppeld door twee tandwielen.

In *fig. 9* is het drijfwerk schematisch weergegeven. Aan de zuiger *1* is via de zuigerstang *2* een juk *3* vast bevestigd. Het ene einde van het juk is door de drijfstang *4* verbonden aan de kruk *5*, het andere einde door drijfstang *4'* aan kruk *5'*. De aandrijving van de verdringer *6* is geheel analoog gebouwd: aan de verdringerstang *7*, die door de holle zuigerstang *2* loopt, is een juk *8* bevestigd, dat door drijfstangen *9* en *9'* verbonden is respectievelijk aan de krukken *5* en *5'*. Kiest men het drijfstangenpaar *9-9'* even lang als het paar *4-4'*, dan vormen de drijfstangen een ruit, waarvan tijdens de beweging alleen de hoek varieert; vandaar dat we aan dit soort drijfwerk de naam „ruitdrijfwerk" hebben gegeven. De tandwielen *10-10'* waarborgen te allen tijde de volledige symmetrie. Tevens kan dank zij de koppeling van de twee krukassen door de tandwielen het gehele asvermogen van de motor afgenomen worden van één der beide assen.

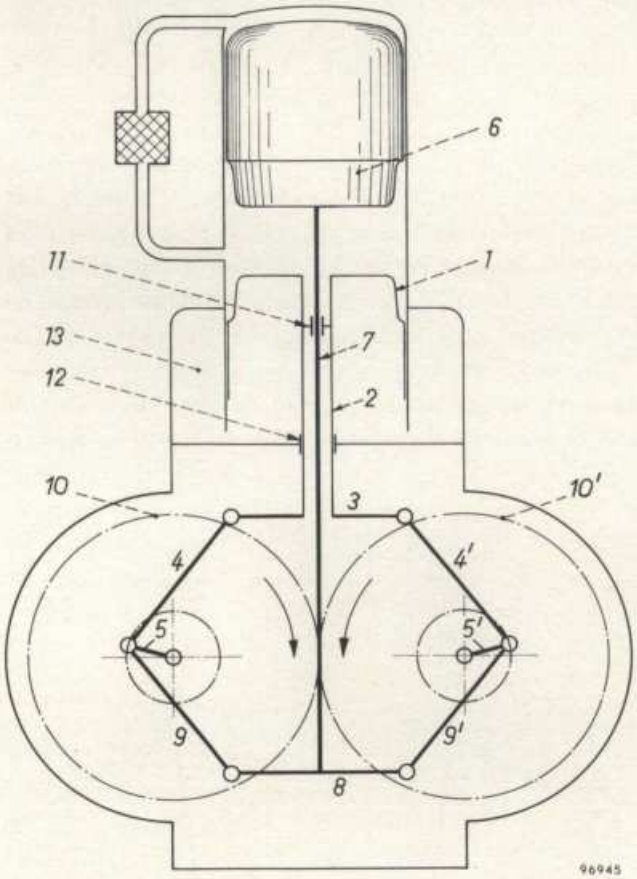


Fig. 9. Schematische voorstelling van het ruitdrijfwerk. *1* = zuiger. *6* = verdringer. *5-5'* = krukken op twee in tegengestelde richting draaiende assen, die gekoppeld zijn door tandwielen *10-10'*. *4-4'* = drijfstangen, scharnierend verbonden aan een juk *3* op de holle zuigerstang *2*. *9-9'* = drijfstangen, scharnierend verbonden aan een juk *8* op de verdringerstang *7*, die door de holle zuigerstang loopt. *11* en *12* = stangdichtingen. *13* = bufferruimte met gas onder hoge druk (compensatiedruk).

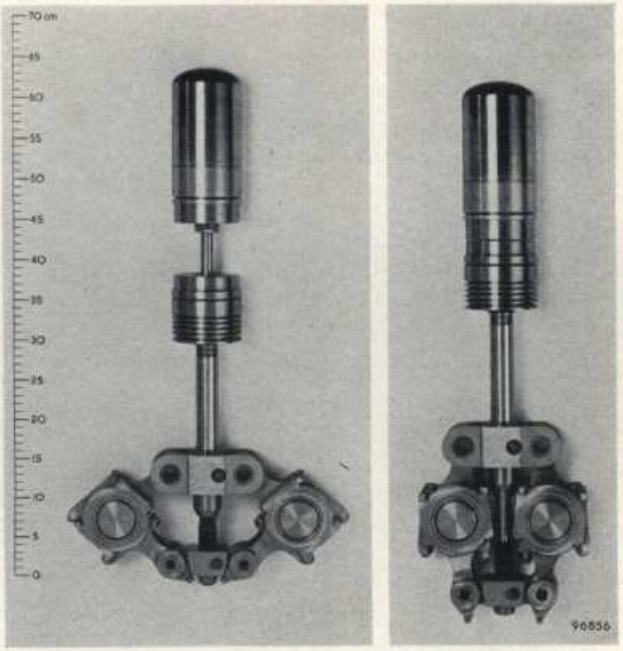


Fig. 10. Model van een uitgevoerd ruitdrijfwerk (krukken en tandwielen zijn weggelaten), in twee standen.

Fig. 10 toont een mogelijke uitvoering van zulk een drijfwerk. De beweging is geïllustreerd door het drijfwerk in twee standen te fotograferen (bij het afgebeelde model zijn de krukken en de tandwielen weggelaten).

Dank zij de symmetrische beweging, met coaxiale plaatsing van zuiger- en verdringerstang, is het bij dit drijfwerk op eenvoudige wijze mogelijk, de krukkast-onder-hoge-druk te vermijden. De dichting *11* voor de verdringerstang bevindt zich binnen de holle zuigerstang; men kan nu door slechts één extra-dichting, nl. van de zuigerstang zelf (*12* in fig. 9), een betrekkelijk kleine cilindervormige ruimte *13* onder de zuiger afscheiden van de krukkast, en in deze „bufferruimte" de gewenste com-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

pensatiedruk aanbrengen. Essentieel is hierbij dat de zuigerstangdichting in het geheel geen dwarskrachten behoeft op te nemen, aangezien *de dwarskrachten van elk drijfstangenpaar elkaar in het bijbehorende juk volledig opheffen*. Dit is overigens ook zeer gunstig voor het mechanisch rendement (geringe wrijvingsverliezen van het drijfwerk). De minimale grootte van de bufferruimte is alleen bepaald door de mate waarin men de drukvariaties hierin wenst te beperken. Bij een meercilindermotor kan men de bufferruimten van verschillende cilinders met elkaar verbinden, waardoor deze ruimten nog veel kleiner kunnen worden.

In principe is het afscheiden van een bufferruimte onder de zuiger ook mogelijk bij de in fig. 7 en 8 afgebeelde drijfwerken, maar men moet dan de stangen voorzien van een kruiskoprechtgeleiding, om de dichtingen te ontlasten van de dwars gerichte componenten der drijfstangkrachten. Dit leidt tot ingewikkelde constructies.

De met het nieuwe drijfwerk verkregen bewegingen van zuiger en verdringer zijn in *fig. 11* weergegeven, op dezelfde wijze als in fig. 3 en 5. We zien dat bij de in fig. 9 aangegeven draairichting de

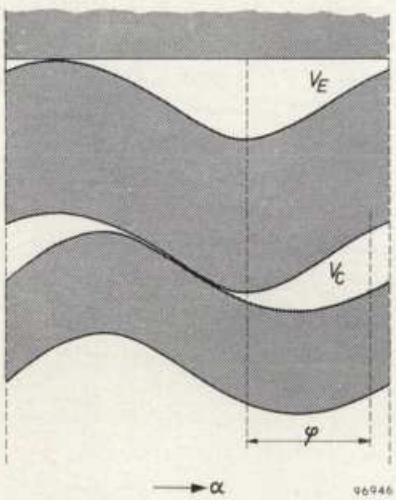


Fig. 11. Volumevariaties V_E en V_C van resp. warme en koude ruimte, analoog getekend als in fig. 3 en 5, maar nu bij gebruik van een ruitdrijfwerk als in fig. 9.

volumevariatie van de warme ruimte, zoals vereist, in faze vóór is ten opzichte van die van de koude ruimte. Hoewel de bewegingen van verdringer en zuiger sterk van de harmonische afwijken, is gebleken dat hiermede een zeer goed Stirling-proces verwezenlijkt kan worden. Men zou hieraan kunnen twijfelen, want bij oppervlakkige beschouwing lijkt het alsof de parameters w en φ (amplitudeverhouding en relatieve faze van de grondharmonischen van de volumevariaties V_E en V_C, zie boven), die een grote rol spelen in het ontwerp van een motor, bij gebruik van het ruitdrijfwerk niet meer vrij kunnen worden gekozen. Nauwkeuriger analyse van dit drijfwerk leert echter dat men door variatie van de excentriciteit en de kruk-drijfstangverhouding, en overigens ook nog van de verhouding der diameters van zuiger en verdringer, de genoemde parameters wel degelijk in een heel groot gebied kan variëren.

De balancering

Het is een bijzondere eigenschap van het ruitdrijfwerk dat we hiermee in staat zijn reeds bij een machine met slechts één cilinder een volledige balancering van de traagheidskrachten en de daardoor veroorzaakte momenten te verkrijgen; „volledig" wil zeggen: van grondharmonische èn alle hogere harmonischen. We willen dit aantonen voor het eenvoudige geval dat de drijfstangen even lang zijn (zoals in fig. 9).

De configuratie is geschetst in *fig. 12*. Uit symmetrieoverwegingen volgt onmiddellijk dat de som van de traagheidskrachten in de horizontale richting op ieder ogenblik nul is, evenals de som van de momenten van alle traagheidskrachten om een as die loodrecht staat op het vlak van tekening. We behoeven derhalve alleen de traagheidskrachten in de verticale richting te beschouwen. We ontbinden daartoe de cirkelbeweging van de kruktappen T,T' in een verticale en een horizontale component. De verticale bewegingen die respectievelijk zuiger en verdringer maken als gevolg van de horizontale beweging der kruktappen, zijn gelijk en tegengesteld, aangezien de drijfstangen even lang zijn (symmetrische deformatie van de „ruit"). Kiezen

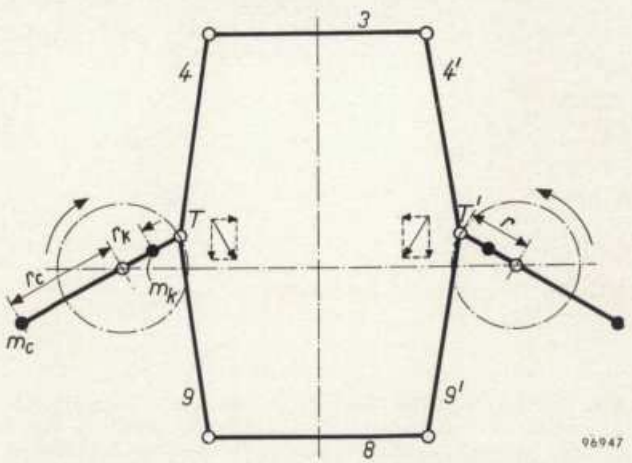


Fig. 12. Configuratie van het ruitdrijfwerk, met gelijke jukken *3* en *8* en met even lange drijfstangparen *4-4'* en *9-9'*. Voor de beschouwing van de traagheidskrachten wordt de cirkelbeweging der kruktappen T en T' ontbonden in een verticale en een horizontale component.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

we de massa's van de zuiger en van de verdringer (inclusief de met ze meebewegende delen) aan elkaar gelijk,

$$m_z = m_v , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

dan is dus de som van de traagheidskrachten bij deze beweging eveneens op ieder ogenblik nul. Er blijven alleen nog over de verticale bewegingen die zuiger en verdringer maken als gevolg van de verticale beweging der kruktappen. Deze bewegingen zijn exact gelijk aan elkaar en aan die van de kruktappen. Men kan derhalve voor de balancering de in verticale richting bewegende massa $m_z + m_v$ van het drijfwerk gelijkelijk verdeeld in de beide kruktappen lokaliseren. Het is duidelijk dat men nu door twee contragewichten met massa m_c, diametraal tegenover de kruktappen geplaatst op de juiste afstand r_c, traagheidskrachten in de verticale richting kan opwekken die op elk ogenblik precies tegen de resulterende traagheidskracht van $m_z + m_v$ in werken — ongeacht de al of niet eenparige beweging van de krukassen.

Natuurlijk kunnen de contragewichten zo gekozen worden dat zij tevens dienst doen om de excentrisch geplaatste ronddraaiende delen van krukas en toebehoren te balanceren. Indien de massa hiervan m_k is en hun zwaartepunt zich op een afstand r_k van het hart van de krukas bevindt, krijgt men de volledige balanceringsvoorwaarde:

$$r_c\, m_c = \tfrac{1}{2}\, r(m_z + m_v) + r_k\, m_k . \quad . \quad . \quad (11)$$

Uit het bovenstaande is wel duidelijk geworden dat deze balanceringsmogelijkheid voor de traagheidskrachten ontstaat door het feit dat we in de verdringermachine reeds voor één cilinder twee, met verschillende faze heen en weer bewegende, massa's hebben, nl. zuiger en verdringer [8]). Om aan de voorwaarde $m_z = m_v$ te voldoen, zal men de massa's van zuiger en verdringer zelf in het algemeen verschillend moeten kiezen. Dit is geen bezwaar, aangezien het toch ongelijkvormige, niet verwisselbare lichamen met verschillende functie zijn.

De configuratie van fig. 12 is een speciaal geval van een veel algemenere drijfwerkvorm. Deze krijgen we als we de onderstelling van even lange drijfstangen laten vallen en nog de verdere generalisatie invoeren dat we elke verdringerdrijfstang niet om de kruktap laten scharnieren maar om een willekeurig, aan de zuigerdrijfstang bevestigd, draaipunt; zie *fig. 13*. Deze algemene vorm, die eventueel om constructieve redenen aantrekkelijker kan zijn dan de speciale van fig. 9 en 12, bezit nog steeds de eigenschap van de coaxiale bewegingen van zuigerstang en verdringerstang zonder zijdelingse krachten. Men ziet dus direct in dat de eenvoudige oplossing voor de bufferruimte met de compensatiedruk hier behouden blijft. Verrassend echter is het dat men kan bewijzen dat de algemene drijfwerk-

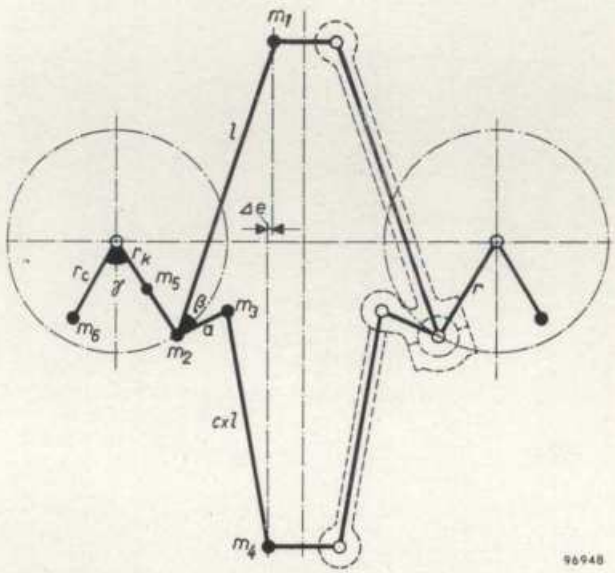


Fig. 13. Algemene vorm van het nieuwe drijfwerk. $m_1 \ldots m_6$ zijn de op bepaalde punten gelokaliseerde massa's der bewegende onderdelen, waarvan voor de balancering de traagheidskrachten worden beschouwd.

vorm van fig. 13, met enkele eenvoudige voorwaarden, eveneens de mogelijkheid tot volledige balancering van de traagheidskrachten biedt! We willen hier, zonder het bewijs, deze voorwaarden vermelden. De in fig. 13 aangegeven parameters van het drijfwerk moeten voldoen aan:

$$\left.\begin{aligned} \Delta e &= 0 , \\ c &= \sqrt{1 - 2\,\frac{a}{l}\cos\beta + \left(\frac{a}{l}\right)^2} , \\ m_1 - m_4 + \frac{a}{l}\,(m_3 + 2m_4)\cos\beta &= 0 . \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

Volledige balancering wordt dan verkregen door contragewichten waarvan de plaats en de massa gegeven worden door:

$$\gamma = \pi - \operatorname{arc\,tg} \frac{\frac{a}{l}\,(m_3 + 2m_4)\sin\beta}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \frac{r_k}{r}\,m_5} ,$$

$$m_6 = \frac{r}{r_c}\sqrt{\left(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \frac{r_k}{r}\,m_5\right)^2 + \left\{\frac{a}{l}\left(m_3 + 2m_4\right)\sin\beta\right\}^2} . \quad . \quad . \quad (13)$$

We zien dat voor $a = 0$, waarbij het drijfwerk weer overgaat in het speciale, eerst behandelde geval, ook de oude voorwaarden teruggevonden worden.

Bij de uitgevoerde proefmotor waarover we het verder zullen hebben, is de eenvoudige drijfwerkvorm van fig. 9 toegepast.

Behalve met de traagheidskrachten, heeft men bij elke zuigermotor ook te maken met een wisselend moment dat op de fundering wordt uitgeoefend ten gevolge van de periodieke variaties van het aan de as geleverde koppel. Bij toepassing van het ruitdrijfwerk (zowel in de speciale als in de algemene vorm) kan men op eenvoudige wijze ook dit wisselende moment grotendeels balanceren. Hiertoe is het

[8]) Het ligt voor de hand dat een ruitdrijfwerk ter wille van deze balancering ook zou kunnen worden toegepast bij een motor met inwendige verbranding, maar dan te beginnen met een tweecilindermotor, waar men twee heen en weer bewegende zuigers heeft.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

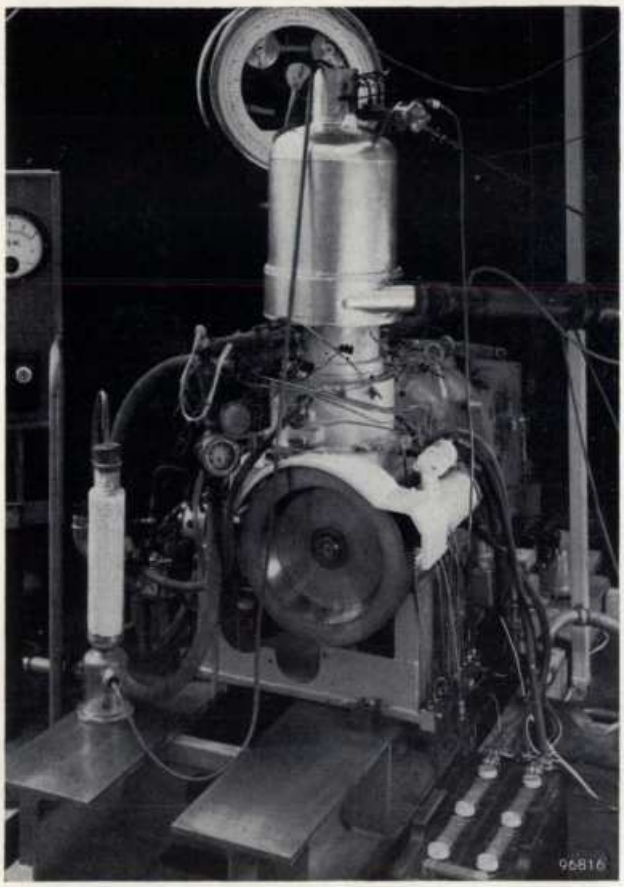


Fig. 14. Experimentele uitvoering van de Philips heetgasmotor met ruitdrijfwerk, op de proefstand.

slechts nodig, in plaats van één enkel vliegwiel, twee vliegwielen aan te brengen, nl. één op elk van de beide, in tegengestelde zin draaiende, krukassen.

Verdere constructiedetails van de motor

De motor, in de experimentele uitvoering en opstelling, is te zien in *fig. 14*. In *fig. 15* is hij in doorsnede geschetst (zonder brander en voorverhitter), waarbij duidelijkheidshalve niet alle delen in de juiste grootteverhoudingen zijn weergegeven. De onderdelen van het drijfwerk zijn met dezelfde cijfers als in de voorafgaande figuren aangeduid; gewezen zij nog op de contragewichten *14*, die voor de balancering dienen.

De koeler, regenerator en verhitter zijn, evenals in de vroeger in dit tijdschrift beschreven constructies [3]), ieder als een ringvormig systeem rondom de cilindrische werkruimte gelegd. Zo verkrijgt men een compacte, aërodynamisch gunstige opstelling. De verdringer is opgebouwd uit een verdringerlichaam *6a* en een warmte-isolerende dop *6b*. Het verdringerlichaam past als een normale zuiger in de cilinder *16*, ter hoogte van het koelerhuis. Tussen de verdringerdop *6b* en de cilinderwand *15* van de hete ruimte is een nauwe spleet aanwezig, juist groot genoeg dat de dop de cilinderwanden ook in warme toestand niet raakt. Onder de zuiger ziet men de bufferruimte *13*.

Aanzienlijk gewijzigd is de constructie van het regeneratorhuis. Bij het eerste model van onze proefmotor was dit huis een wijde, relatief korte

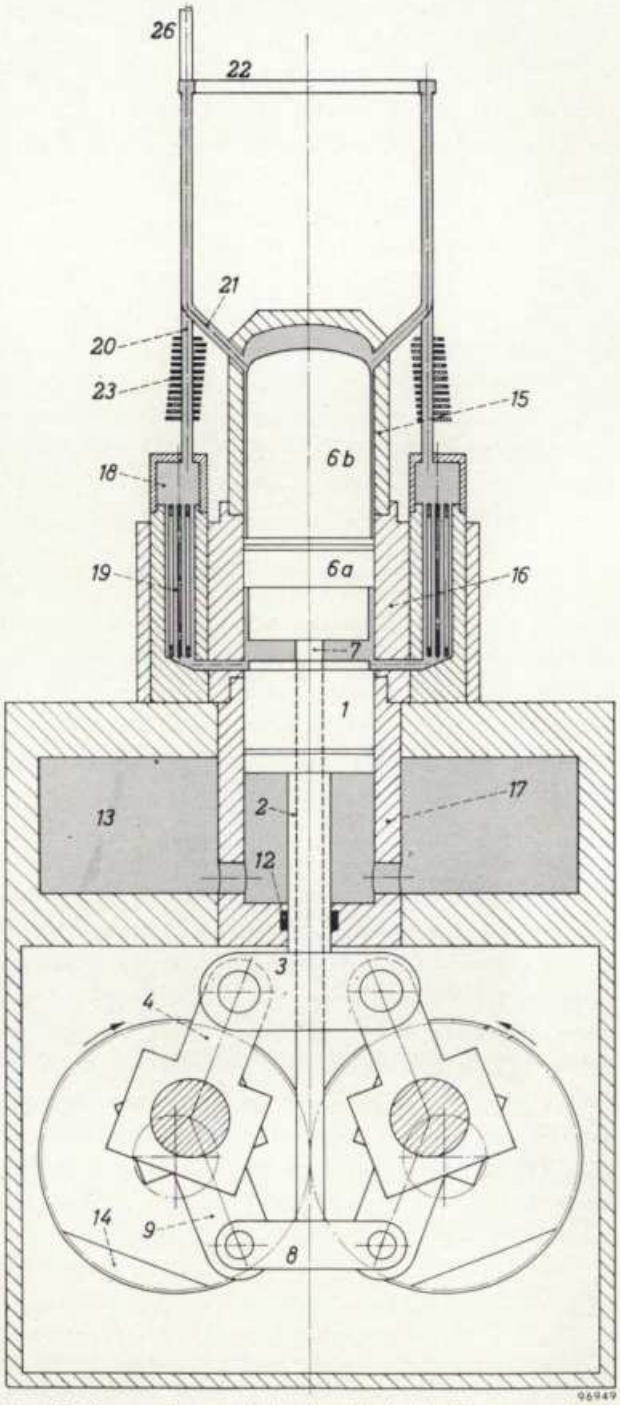


Fig. 15. Doorsnede van de in fig. 14 afgebeelde motor (sterk vereenvoudigd en op sommige punten duidelijkheidshalve niet in de juiste relatieve afmetingen). De brander en voorverhitter zijn afgenomen, zij worden verderop afzonderlijk weergegeven. De ruimten waarin zich waterstof bevindt, zijn grijs geschaduwd. *1* = zuiger, *6a* en *6b* = delen van de verdringer, *12* = zuigerstangdichting, *13* = bufferruimte, *14* = contragewichten, *15-16-17* = wanden van de cilinder waarin verdringer en zuiger bewegen, *18* = regeneratorhuis, *19* = koelerhuis, *20-21-22* = verhitterpijpen, *23* = vinnen, *26* = buis voor temperatuurvoeler. Overige nummers zie fig. 9.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ring (*fig. 16*), waarvan de binnenwand gevormd werd door de cilinder *15* van de werkruimte, terwijl de buitenwand *a* via een pijpenplaat *b* verbonden was met deze cilinder. In de wanden van dit huis ontstonden aanzienlijke spanningen door de thermische uitzetting van de bovenkant, die op de hoge

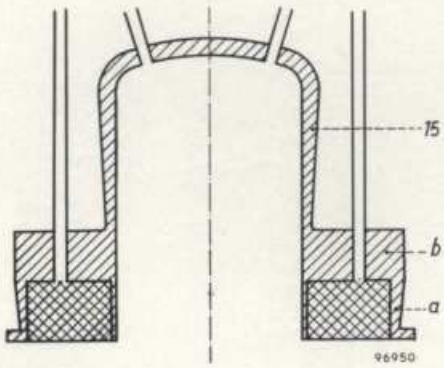


Fig. 16. Vroegere constructie van het regeneratorhuis, met een cilindrische buitenwand *a* en een pijpenplaat *b*.

temperatuur T_E moet komen, terwijl de onderkant de lage temperatuur T_C heeft. Op deze thermische spanningen liep men bij het opvoeren van het motorvermogen al spoedig vast, en wel zoveel te eerder naarmate de druk waarbij de motor moet werken, hoger gekozen werd. We hebben deze moeilijkheid opgelost door de ringvormige regeneratorruimte onder te verdelen in een aantal kleine, los van de cilinderwand staande ruimten; zie *fig. 17*. De thermische spanningen in de regeneratorwanden waren daardoor geen probleem meer. Bovendien konden we nu aan de hoofdspanningstrajectoriën die van cilinder *15* via de cilinders *16* en *17* naar de bodem van laatstgenoemde cilinder gaan (fig. 15), een nagenoeg rechtlijnig verloop geven. Bij de vroegere constructies, met de genoemde pijpenplaat, weken ze min of meer naar buiten uit, hetgeen betekent dat deze plaat een groot buigend moment moest opnemen. Door de nieuwe constructie is, ondanks de hoge maximale druk, het geheel betrekkelijk licht kunnen blijven.

De constructiewijze van het regeneratorhuis zet zich voort in de koeler; het koelerhuis *19* bevat een aantal kleine koelpijpgroepen, elk passend met een uitstekend pijpenfront in een der kleine regeneratorcilinders. Door de koelpijpgroepen schuifbaar in het koelerhuis te plaatsen, wordt aan de regeneratorcilinders gelegenheid gegeven zich in longitudinale richting een weinig te verplaatsen, en aldus de thermische uitzetting van de verhitterpijpen te volgen.

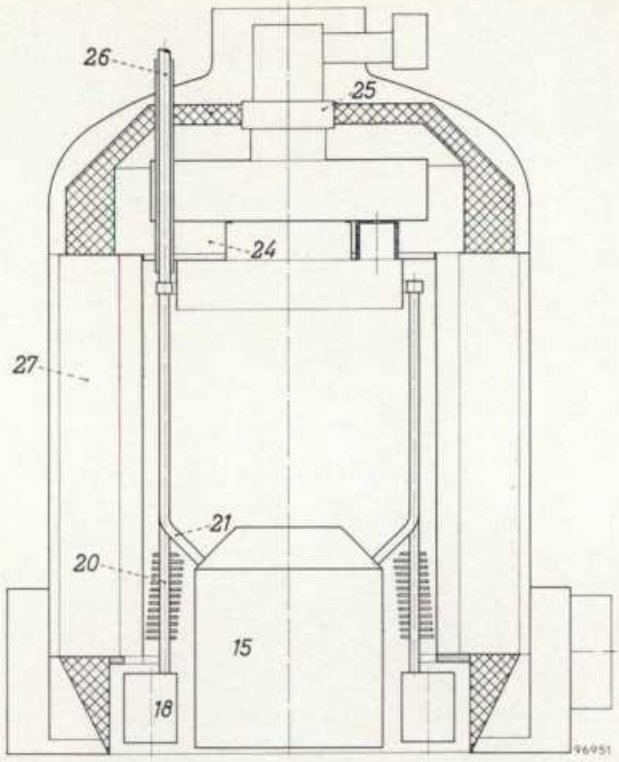
De verhitter bestaat uit twee series van om en om geplaatste pijpen, *20* en *21*, die met kleine afstand

Fig. 17. Nieuwe constructie van regeneratorhuis en verhitter. De regenerator is onderverdeeld in een reeks kleine, los rondom de wand van de werkruimte geplaatste, ruimten (onderaan). Hierdoor kon de thermische uitzetting geen moeilijkheden meer veroorzaken. Uit elke regeneratorruimte ziet men drie pijpen komen, waarvan de verlenging de verticale opgaande pijpen van de verhitter vormt. Om en om met deze zijn de, uit het bovenaan gelegen verzamelkanaal komende, neergaande pijpen geplaatst, die in de kop van de werkruimte uitmonden. Op het onderste gedeelte van de aldus gevormde pijpenwand (vuurhaard) ziet men de vinnen (*23* in fig. 15), die aangebracht zijn voor een betere warmteoverdracht van de verbrandingsgassen aan de pijpen.

op elkaar aansluiten en samen de vuurhaard vormen waar de hete verbrandingsgassen van de brander dwars doorheen geleid worden. De pijpen *20* van de ene serie zijn in de regeneratorhuizen bevestigd (zie fig. 15 en 17), het uit de regenerator hierin opwaarts stromende gas komt via het gemeenschappelijke ringkanaal *22* in de neerwaarts leidende pijpen *21* van de andere serie, die in de kop van de hete cilinder *15* van de werkruimte zijn gesoldeerd. Voor verbetering van de warmteoverdracht van de verbrandingsgassen naar de pijpen zijn op de pijpen *20* een reeks vinnen *23* gesoldeerd.

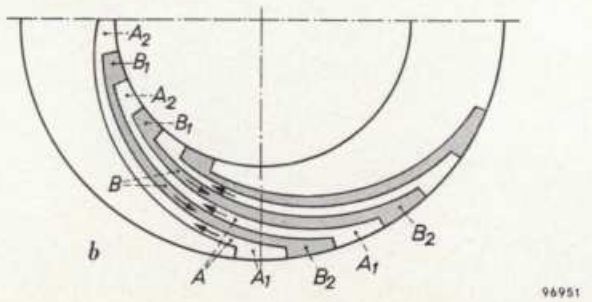
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a

c



b

Fig. 18. *a*) Bovenste gedeelte van de motor, met brander *24*, verstuiver *25* en voorverhitter *27*. Overige nummers als in fig. 15.
b) Doorsnede van de voorverhitter met de spiraalvormige platte ruimten A en B, waardoor in tegenstroom de verse lucht voor de verbranding en de afgewerkte verbrandingsgassen stromen. Deze worden door de eindkanalen A_1, B_1 en A_2, B_2 in axiale richting toegevoerd respectievelijk afgevoerd. (De lucht en de verbrandingsgassen stromen in fig. 18*a* beide onderaan toe en bovenaan af.)
c) Uitvoering van de voorverhitter, die geplaatst wordt rondom de in fig. 17 afgebeelde verhitter.

Om de verhitter heen bevindt zich de voorverhitter (*27* in *fig. 18a*). Deze is zo geconstrueerd dat de lucht, nodig voor de verbranding, de aan de buitenomtrek van de cilindrische constructie gelegen kanalen A_1 binnentreedt (fig. 18*b*) en, zijdelings uit deze kanalen tredend, in de ruimten A tussen de spiraalvormig opgewikkelde scheidingswanden naar de kanalen A_2 aan de binnenomtrek van de constructie stroomt, vanwaaruit hij aan de brander wordt toegevoerd. De afgewerkte rookgassen, die met een temperatuur, iets hoger dan die van de verhitter, uit de brander komen, treden de kanalen B_1 aan de binnenomtrek binnen en stromen door de, afwisselend met de ruimten A gelegen, spiraalvormige ruimten B naar de uittreekanalen B_2 aan de buitenkant, dus in tegenstroom met de verse lucht. Door deze constructie is een zeer compacte voorverhitter verkregen (fig. 18*c*), die een lage stromingsweerstand bezit en die tevens „zichzelf isoleert": alle aan de buitenzijde gelegen kanalen, A_1 en B_2, bevinden zich bijna op omgevingstemperatuur.

De brander (*24* in fig. 18*a*) is een zg. wervelkamerbrander, waarin een groot aantal brandstoffen met uiteenlopende eigenschappen gestookt kunnen worden, zoals: lichtgas, propaangas, butaangas, kerosine, dieselolie en dunne stookolie. Voor de vloeibare brandstoffen wordt de brander voorzien van een verstuiver *25*, die deze brandstoffen, fijn verneveld, in het bovenste gedeelte van de brander brengt.

Regeling van het motorvermogen

Uit de formules (7) en (8) blijkt dat men het vermogen van de heetgasmotor doeltreffend kan regelen door instelling van de gemiddelde druk $\bar{p}$ van het werkmedium; het theoretische rendement van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

motor blijft dan immers onveranderd, mits de verhitter niet van temperatuur verandert. Om aan de laatstgenoemde voorwaarde te kunnen voldoen, heeft men een afzonderlijk regelsysteem nodig. (Het werkelijke rendement wordt door de regeling wèl enigszins beïnvloed, zowel door het in noot [7]) genoemde effect alsook doordat sommige, minder belangrijke, verliezen bij de drukvariatie in absolute grootte vrijwel niet veranderen; deze invloed is verderop in fig. 21 ook af te lezen.)

De voorzieningen voor het regelen van de heetgasmotor bestaan dus uit twee gedeelten:

1) een systeem dat gas in en uit de motor laat om de druk aan te passen bij het van de motor gevergde vermogen (d.i. bij het remmende koppel), en wel zodanig dat een bepaald ingesteld toerental gehandhaafd wordt;

2) een systeem dat de brandstoftoevoer naar de brander regelt, zodanig dat bij verandering van het vermogen (en verandering dus in vereiste warmtetoevoer) de temperatuur van de verhitter constant blijft. Deze laatste regeling geschiedt met behulp van een thermostaat, waarvan de temperatuurvoeler b.v. in de gasstroom van een verhitterpijp wordt gebracht (door buis *26* in fig. 15; in de verhitter in fig. 17 zijn twee zulke buizen aangebracht).

De eerstgenoemde regeling, die van de druk, willen we hier wat nader bespreken.

In de beschreven motor is deze regeling uitgevoerd met een hydraulisch bediend kleppenstelsel. Het schema is weergegeven in *fig. 19*. De met de motoras gekoppelde centrifugaalregulateur *1* zorgt dat bij het nominale toerental waarop men hem heeft ingesteld, een bepaalde oliedruk in de leidingen *2* en *3* aanwezig is. Neemt het toerental iets *af*, doordat het remmende koppel toeneemt, dan doet de regulateur de genoemde oliedruk stijgen, met het gevolg dat de klep *4* van het suppletie-apparaat *5* geopend wordt en er gas uit het voorraadvat *6* via de suppletieklep *7* in de werkruimte *8* van de motor komt. Hierdoor stijgt de druk in de motor, waardoor het vermogen toeneemt. De suppletie gaat door tot het ingestelde toerental weer is bereikt (dan gaat immers de klep *4* dicht). Neemt het toerental iets *toe*, doordat het remmende koppel afneemt, dan doet de regulateur *1* de oliedruk in de leidingen *2* en *3* dalen, met het gevolg dat de klep *9* van het regelapparaat *10* geopend wordt, waardoor gas uit de werkruimte via de terugslagklep *11* naar de zuigkant van een kleine regelcompressor *12* stroomt, en van daar via de perskant naar het voorraadvat *6*. Ook dit „afblazen" van gas gaat zolang door tot het nominale toerental weer is bereikt (dan gaat immers klep *9* dicht).

De eerder vermelde compensatiedruk in de bufferruimte *13* onder de zuiger (zie ook fig. 15) moet even-

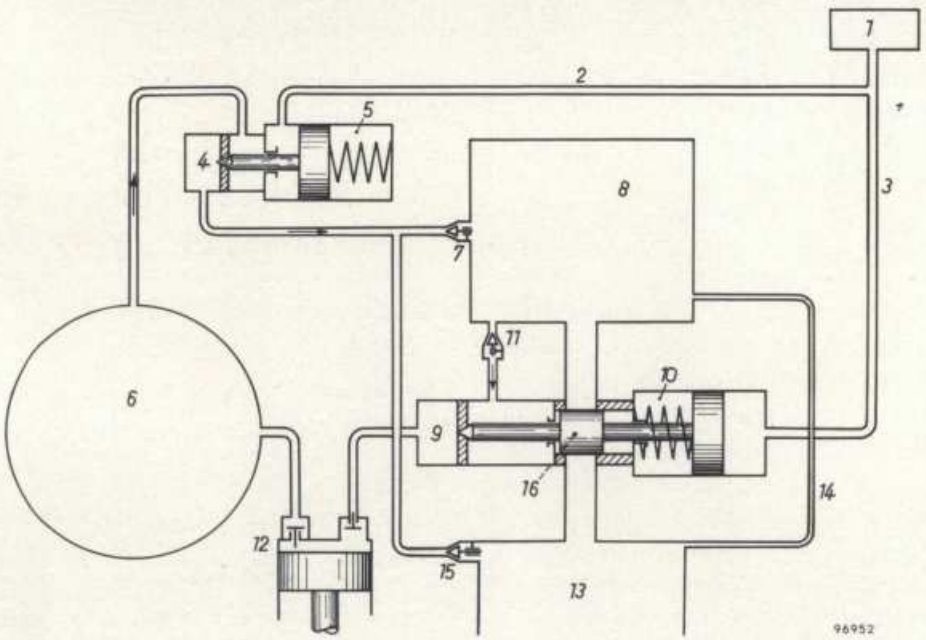


Fig. 19. Hydraulisch mechanisme voor regeling van het vermogen van de heetgasmotor. De centrifugaalregulateur *1* beïnvloedt via de oliedruk in de leidingen *2* en *3* de stand van de kleppen *4* en *9* zodanig dat bij daling van het toerental beneden een ingestelde waarde gas uit het voorraadvat *6* via kleppen *4* en *7* naar de werkruimte *8* stroomt, bij een stijging van het toerental omgekeerd van *8* via kleppen *11* en *9* en de compressor *12* naar *6*. De naar de bufferruimte *13* leidende smoorschuif *16* dient voor een snelle omlaagregeling van het vermogen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

eens bij een belastingverandering aangepast worden. De beschreven motor is erop geconstrueerd dat de compensatiedruk gelijk is aan de gemiddelde druk $\bar{p}$ van de werkruimte. Deze compensatiedruk wordt in principe automatisch verkregen door een capillaire verbinding *14* tussen bufferruimte en werkruimte. Verdere voorzieningen in dit verband bespreken we zo dadelijk.

De door de regelcompressor geleverde druk in het voorraadvat *6* is iets hoger dan de minimumdruk in de werkruimte behorende bij volle belasting. Het suppleren via klep *7* bij het omhoogregelen van het vermogen is dus tot volle belasting toe mogelijk en gaat uiterst snel. Moet het vermogen omlaaggeregeld worden, b.v. van volle belasting af, dan kan het gas uit de werkruimte aanvankelijk zonder toedoen van de regelcompressor via de kleppen *11* en *9* naar het voorraadvat stromen, nl. totdat de maximumdruk in de werkruimte gedaald is tot de druk van het voorraadvat. Dit gaat weer zeer snel. Voor een nog verdere daling van de druk in de werkruimte echter moet de regelcompressor zijn functie uitoefenen en bepaalt deze de regelsnelheid. Om nu te voorkomen dat bij een plotselinge belastingdaling, b.v. als het remmende koppel ineens geheel wegvalt, het toerental tijdelijk te veel zou stijgen, zou men een onaanvaardbaar grote compressor nodig hebben. De oplossing voor dit probleem hebben we gevonden in het aanbrengen van een tweede regelmechanisme. Het regelapparaat *10* bedient behalve de klep *9* nog een smoorschuif *16*, die tussen de werkruimte en de bufferruimte een extra-verbinding tot stand brengt, die groter of kleiner zal zijn naar gelang van de grootte van de belastingverandering. Het is duidelijk dat deze verbinding een zelfde effect heeft als een lek langs de zuiger: ze doet het nuttige mechanisch vermogen in meerdere of mindere mate afnemen (dit gaat wèl met een rendementsdaling gepaard, zodat men hier van een „verliesregeling" spreekt). Daar deze „smoor"werking ogenblikkelijk effectief wordt, kan de regelcompressor zeer klein gekozen worden [9]).

De extra-verbinding tussen bufferruimte en werkruimte maakt dat bij het omlaagregelen van het vermogen ook de compensatiedruk zich vrijwel onmiddellijk op de juiste waarde instelt. Dit is zeer gewenst, ten einde zoveel mogelijk te vermijden dat het drijfwerk eenzijdig zwaar wordt belast. Om te zorgen dat ook bij plotseling sterk omhoogregelen van het motorvermogen de compensatiedruk niet te lang achterblijft, is de klep *15* aangebracht: is het aanvangsvermogen zo laag dat de gemiddelde druk $\bar{p}$ van de werkruimte beneden de druk in het voorraadvat ligt, dan stroomt er bij het omhoogregelen rechtstreeks gas uit het voorraadvat via de kleppen *4* en *15* naar de bufferruimte.

Gegevens en meetresultaten

We vermelden hier de belangrijkste motortechnische gegevens van een ééncilinder-heetgasmotor die in het Philips laboratorium te Eindhoven is geconstrueerd volgens de boven gegeven beschrijving:

Boring van de cilinder	88 mm
Slag van de zuiger	60 mm
Nominaal toerental	1500 omw/min
Gemiddelde zuigersnelheid bij 1500 omw/min	3 m/sec
Maximaal toelaatbare waarde van p_{max}	140 kg/cm²
Hierbij optredende gemiddelde druk $\bar{p}$	105 kg/cm²
Compressieverhouding p_{max}/p_{min}	2,0
Nominale koelwatertemperatuur	15 °C
Nominale verhittertemperatuur	700 °C
Werkmedium	waterstof
Brandstof	dunne stookolie.

De voordelen van het gebruik van waterstof als werkmedium hebben we hierboven reeds aangestipt: men heeft relatief geringe stromingsverliezen en een zeer goede warmteoverdracht, en derhalve een hoog rendement. Maar ook voor de regelsnelheid van de motor, die per saldo begrensd wordt door de doortochten van leidingen en kleppen in het regelsysteem, is een gas met een geringe dichtheid zeer voordelig.

Er volgen nu de resultaten van metingen van asvermogen en brandstofverbruik van de beschreven motor. De hieruit afgeleide rendementswaarden hebben betrekking op de motor zonder hulpwerktuigen [10]) en zijn gebaseerd op een onderste verbrandingswaarde van de brandstof van 10 000 kcal/kg. De metingen zijn verricht bij vier drukniveaus, nl. met $p_{max} = 50 - 80 - 110 - 140$ kg/cm²,

[9]) Bij een meercilindermotor gaan we zo te werk dat de smoorschuif een verbinding opent naar de werkruimte van de naastliggende cilinder. Ter wille van een gelijkmatig koppel zal men immers twee naburige cilinders altijd in faze laten verschillen. De smoorwerking treedt nu door de verbinding in beide cilinders tegelijk op.

[10]) Tot de hulpwerktuigen behoren, behalve de pompen en derg. voor smering en koeling, zoals die bij alle motoren noodzakelijk zijn, de reeds genoemde regelcompressor en een ventilator voor de brander. Deze laatste eist relatief de grootste fractie van het motorvermogen op, nl. 1 tot 2%.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

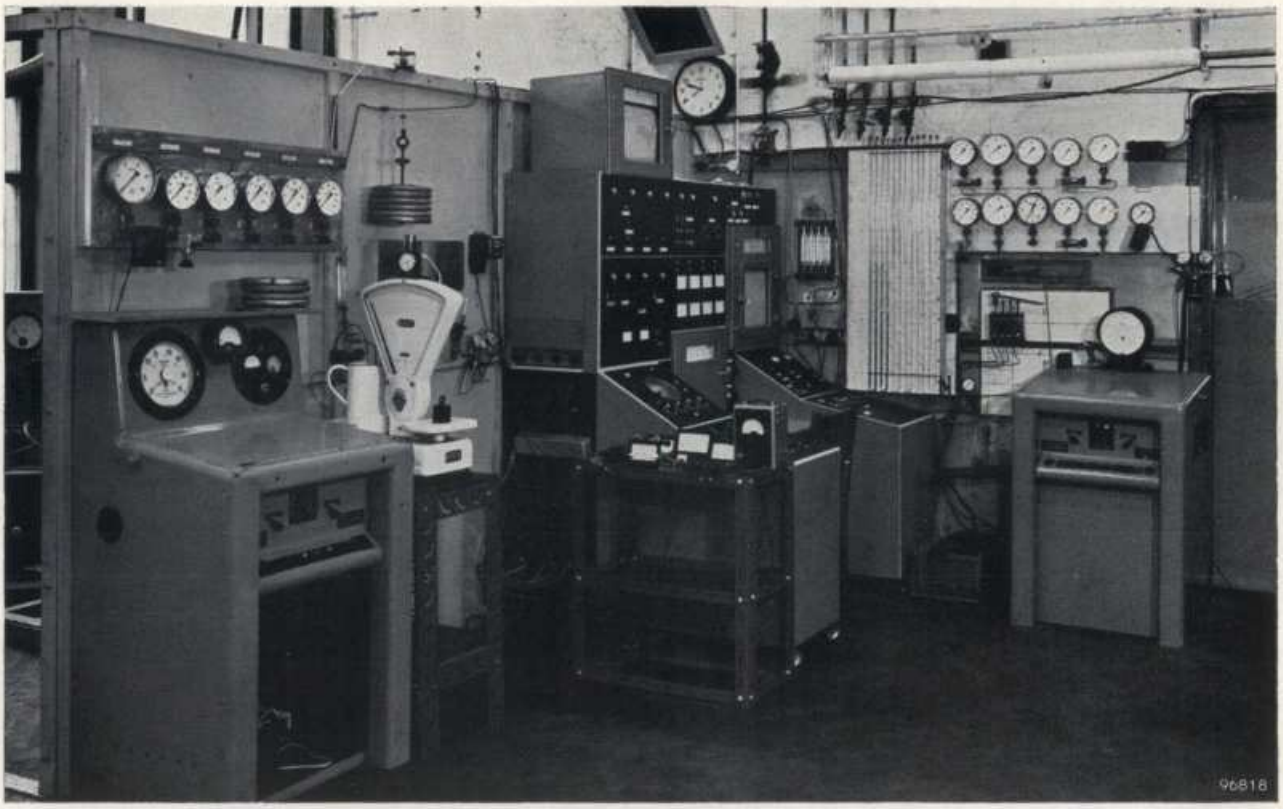


Fig. 20. Meetapparatuur voor het bepalen van het koppel, het vermogen en het rendement van de heetgasmotor onder allerlei condities.

en voor elk drukniveau steeds bij zes toerentallen, nl. 250 - 500 - 1000 - 1500 - 2000 - 2500 omw/min. *Fig. 20* geeft een overzicht van de apparatuur voor deze metingen. In *fig. 21* zijn het gemeten asvermogen in pk en het totale rendement uitgezet als functie van het toerental. Men ziet dat het vermogen tot ca. 40 pk en het rendement tot ca. 38% kan bedragen. Bovendien is in *fig. 22* voor het hoogste drukniveau, met $p_{max} = 140$ kg/cm², het gemeten koppel uitgezet. Uit de geringe variatie van

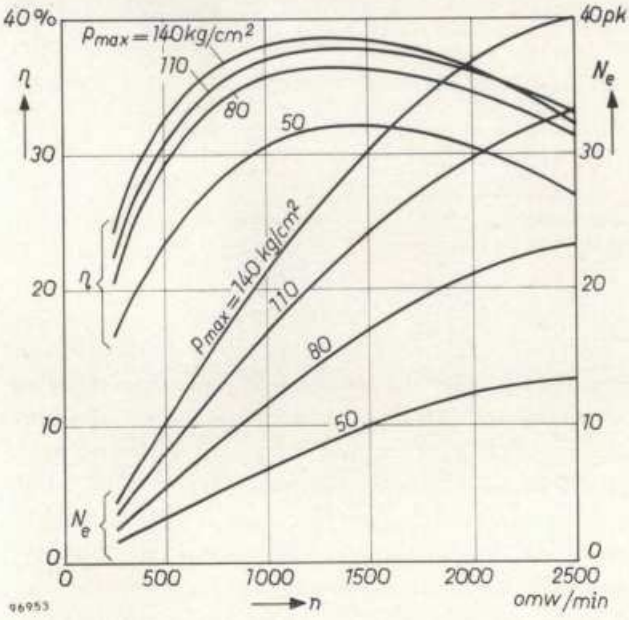


Fig. 21. Gemeten asvermogen N_e en rendement η van de experimentele uitvoering van de nieuwe Philips heetgasmotor met ruitdrijfwerk, uitgezet als functie van het toerental, voor verschillende waarden van p_{max}.

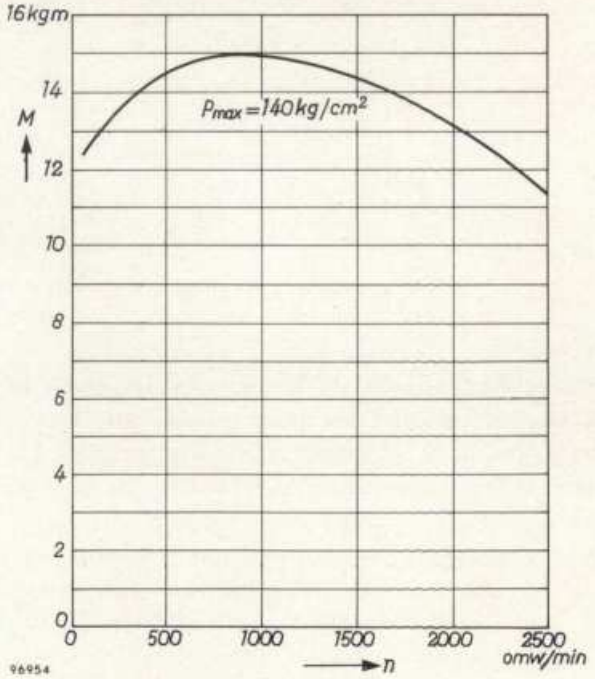


Fig. 22. Gemeten koppel M bij het hoogste toelaatbare drukniveau, als functie van het toerental n.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het koppel (tussen 11,5 en 15 kgm) bij de grote variatie van het toerental blijkt duidelijk de flexibiliteit van deze motor. Verder valt het op, dat het rendement in een groot gebied van toerentallen en drukken weinig varieert.

In de motorentechniek brengt men dergelijke meetresultaten gewoonlijk op andere wijze in grafiek, nl. zoals gedaan is in *fig. 23*. Als coördinaten zijn hier

$$p_e \sim N_e/n. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

In dit diagram nu worden lijnen getekend van constant specifiek brandstofverbruik (gram brandstof per paardekrachtuur, aan de as gemeten). Fig. 23*a* geeft deze lijnen voor onze proefmotor. De bovenste, gestippeld aangegeven, begrenzing van de curvenschaar wordt veroorzaakt doordat de gasdruk in de

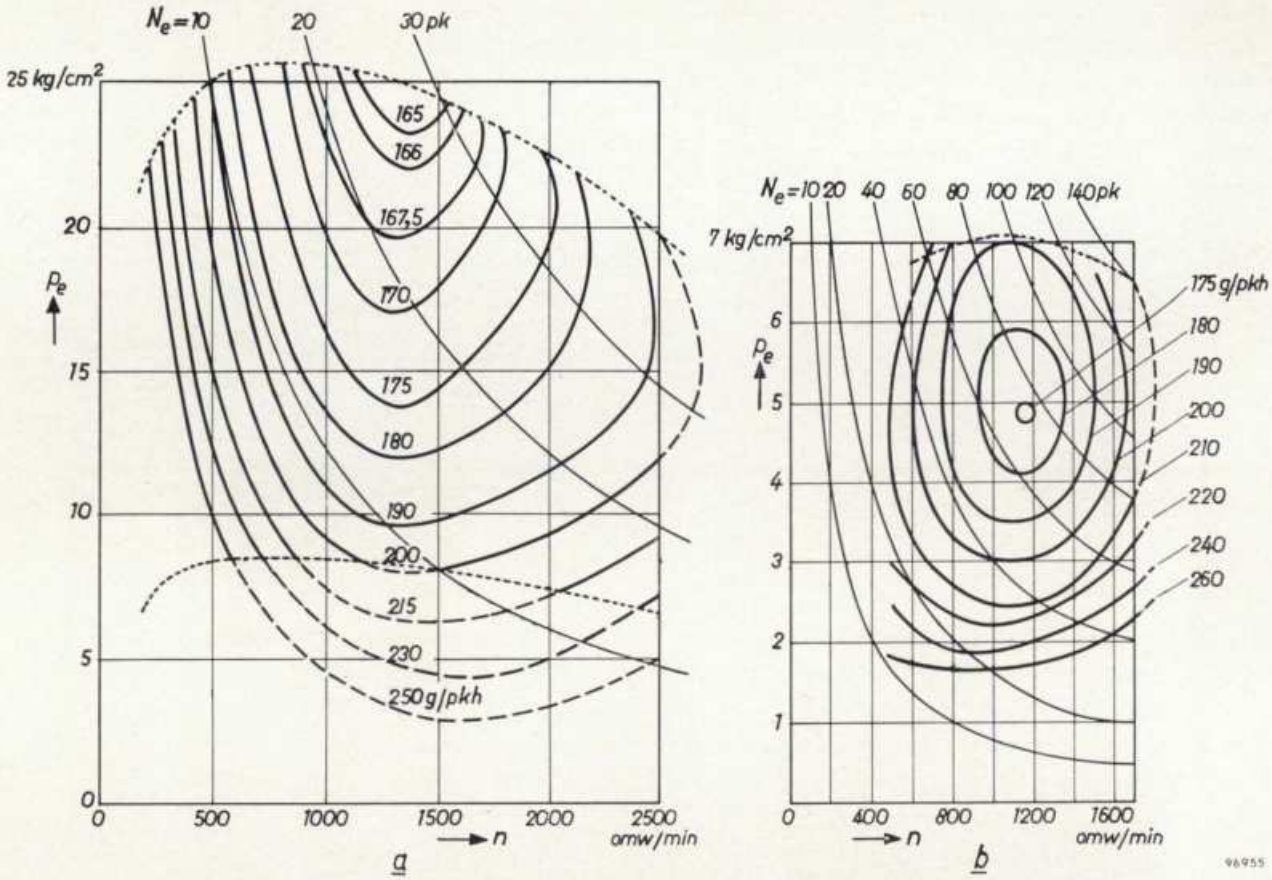


Fig. 23. *a*) Lijnen van constant specifiek brandstofverbruik (in gram brandstof per pk uur) van de heetgasmotor, in het p_e-n-diagram. De „gemiddelde effectieve druk" p_e is gedefinieerd als quotiënt van de per omwenteling aan de as verkregen arbeid en het zuigerslagvolume. Aangezien dus $p_e \sim N_e/n$, beantwoordt bij een gegeven motor aan elk punt in dit diagram een bepaald vermogen N_e en zijn de lijnen van constant vermogen hyperbolen (met dunne lijnen getekend). De gestippeld getekende bovenste begrenzing der metingen beantwoordt aan het maximale toelaatbare drukniveau, met $p_{max} = 140$ kg/cm² (deze kromme ontstaat eenvoudig uit de voor dezelfde p_{max}-waarde geldende N_e-kromme in fig. 21 als men elke ordinaat deelt door de bijbehorende abscis); de gestippelde onderste begrenzing beantwoordt aan het laagste drukniveau waarbij gemeten werd, met $p_{max} = 50$ kg/cm². *b*) Het analoge diagram voor een dieselmotor. (Overgenomen uit: J. M. Kuijper, Dieselmotoren, constructie en berekening, Stam, Haarlem 1954, blz. 81, fig. 52.)

uitgezet het toerental en de zogenaamde „gemiddelde effectieve druk" p_e. Deze grootheid is niet de werkelijke in de motor optredende gemiddelde gasdruk, maar is eenvoudig gedefinieerd als quotiënt van de per omwenteling aan de as verkregen arbeid en het zuigerslagvolume; het produkt van p_e en het toerental n is dus het specifieke vermogen. In elk punt van het coördinatensysteem heeft derhalve bij een gegeven motor het asvermogen N_e een bepaalde waarde, en de lijnen van constante N_e zijn hyperbolen, aangezien

werkruimte niet boven een bepaalde waarde, in casu $p_{max} = 140$ kg/cm², mag komen en derhalve N_e bij gegeven toerental niet groter kan worden dan aan deze p_{max} beantwoordt. (De onderste begrenzing van de curvenschaar is voor de motor niet reëel, doch beantwoordt aan het laagste drukniveau waarbij de metingen werden verricht, met $p_{max} = 50$ kg/cm². De hieronder getekende gestippelde voortzetting der lijnen van constant specifiek brandstofverbruik is een extrapolatie.)

Het opvallende in deze figuur is, dat de lijnen van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

constant specifiek brandstofverbruik niet gesloten zijn, in tegenstelling met wat men b.v. bij dieselmotoren vaak vindt (zie fig. 23*b*). Dit betekent dat bij onze motor het maximale rendement verkregen wordt bij een p_e-waarde die dicht bij de grootste toelaatbare ligt. Deze toelaatbare waarde wordt hier niet bepaald door een „rookgrens" (als bij de dieselmotor) doch door de sterkte van de constructie. Overigens willen wij er nadrukkelijk op wijzen *dat voor een vergelijking van de heetgasmotor met de motoren met inwendige verbranding wat betreft de grootte, de p_e-waarden alléén geen bruikbare maatstaf vormen* (evenmin als het specifieke vermogen), aangezien de motoren te veel verschillen. Een betere maatstaf is het gewicht per pk. Hoewel bij de constructie van de proefmotor weinig maatregelen genomen werden om het gewicht klein te houden, bedraagt dit niet meer dan 5 kg per pk.

Alle boven vermelde meetresultaten gelden voor de opgegeven nominale waarden van de temperaturen van verhitter en koeler. De invloed van een variatie van deze temperaturen is te zien respectievelijk in *fig. 24a* en *b*. Vermogen en rendement zijn hierbij genomen voor $n = 1500$ omw/min en $p_{max} = 140$ kg/cm².

Ten slotte geven de *fig. 25a* en *b* de gemeten warmtebalans, respectievelijk als functie van p_e (bij $n = 1500$ omw/min) en als functie van n (bij $p_{max} = 140$ kg/cm²). De smalle strook die de schoorsteenverliezen beslaan, demonstreert de goede werking van de voorverhitter. Het branderrendement is in een groot gebied van n en p_e meer dan 90%!

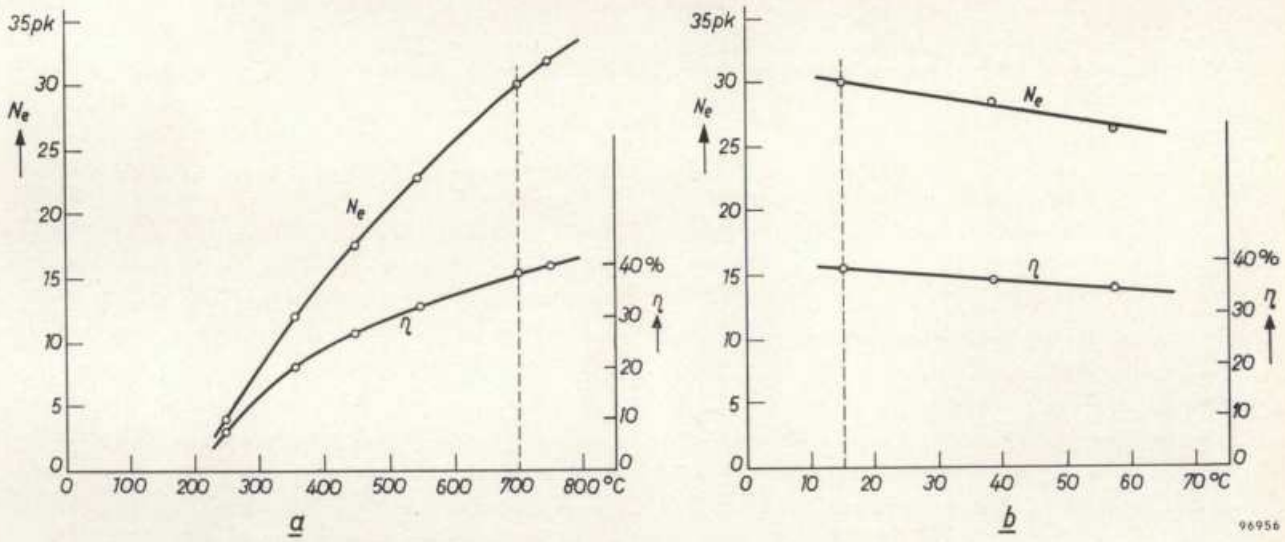


Fig. 24. Vermogen en rendement van de experimentele heetgasmotor, *a*) als functie van de verhittertemperatuur, *b*) als functie van de koelertemperatuur. De curven gelden voor $n = 1500$ omw/min en $p_{max} = 140$ kg/cm².

De extreme gevonden waarden van de verschillende grootheden zijn in het volgende lijstje samengevat:

Maximaal afgegeven asvermogen N_e *)	40 pk
Maximale gemiddelde effectieve druk p_e **)	26 kg/cm²
Maximaal koppel **)	15 kg m
Maximaal specifiek vermogen *) (betrokken op zuigerslagvolume)	120 pk/liter
Minimaal specifiek brandstofverbruik ***)	165 gram/pk uur

*) Treedt op bij $n = 2500$ omw/min en $p_{max} = 140$ kg/cm².
**) Treedt op bij $n =$ ca. 800 omw/min en $p_{max} = 140$ kg/cm².
***) Treedt op bij $n =$ ca. 1350 omw/min en $p_{max} = 140$ kg/cm².

De hoofdpost in de als „rest" aangeduide verliezen is het mechanische verlies. Daarnaast kunnen erin voorkomen de verliezen ten gevolge van onvolledige verbranding van de brandstof (de zg. niet-voelbare schoorsteenverliezen). Hoewel van de specificatie der restverliezen geen grote nauwkeurigheid verwacht kan worden, mogen we wel aannemen, op grond van de vele goed reproduceerbare metingen hierover, dat het mechanische rendement van deze motor met ruitdrijfwerk hoog is.

Slotbeschouwing

Tot besluit herinneren we aan de principiële voordelen die de heetgasmotor in het algemeen bezit en waarop in dit tijdschrift indertijd reeds de nadruk werd gelegd:

a) De mogelijkheid om uiteenlopende gasvormige en vloeibare brandstoffen te gebruiken, zonder belangrijke veranderingen van de motor.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

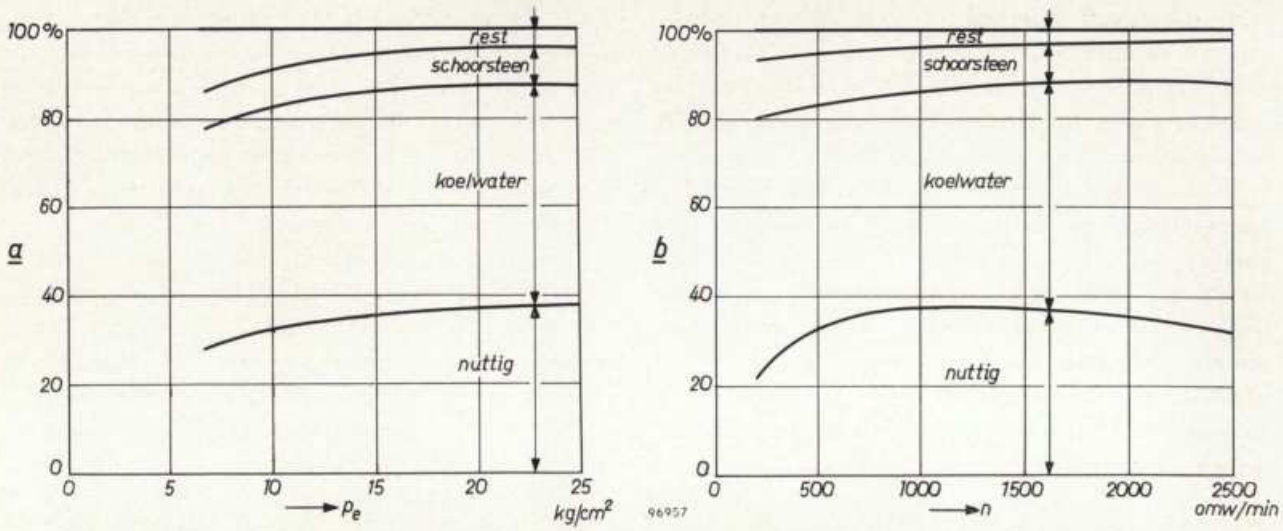


Fig. 25. Warmtebalans van de experimentele heetgasmotor, *a*) als functie van p_e (bij $n = 1500$ omw/min), *b*) als functie van n (bij $p_{max} = 140$ kg/cm²).

b) Een gering smeerolieverbruik en weinig slijtage, dank zij het ontbreken van corroderende stoffen in de motor en dank zij de relatief kleine zuigersnelheid.
c) Bijzonder weinig lawaai.
d) Geringe variatie van het koppel in een groot toerentalgebied.
e) Relatief geringe variatie van het koppel als functie van de krukhoek. Een ééncilinder-heetgasmotor is in dit opzicht vergelijkbaar met een viercilindermotor met inwendige verbranding.

Behalve deze algemene voordelen, is thans met de beschreven proefmotor ook een hoog rendement verkregen van de omzetting van warmte in mechanische energie, zoals door de meetresultaten wordt aangetoond. Tevens is gebleken dat men gunstige waarden voor het gewicht per pk kan bereiken. Een en ander is vooral te danken aan drie maatregelen: de toepassing van het aëro- en thermodynamisch gunstige verdringerprincipe, het gebruik van waterstof als werkmedium, en het werken met hoge gasdrukken. Als een ander voordeel van de nieuw ontwikkelde motor noemen we de trillingsvrijheid, die te danken is aan de volledige balancering van de traagheidskrachten.

Samenvatting. Na een korte recapitulatie van het heetgasproces zoals dit wordt gerealiseerd in een verdringermachine, worden in dit artikel een aantal nieuwe constructieprincipes voor de Philips heetgasmotor beschreven. Er wordt een nieuw soort drijfwerk geïntroduceerd, dat de vereiste bewegingen van zuiger en verdringer teweegbrengt met behulp van twee excentrisch geplaatste kruk-drijfstangsystemen, met tegengestelde draairichting en gekoppeld door twee tandwielen. Bij dit drijfwerk kan men de gewenste compensatiedruk onder de zuiger op eenvoudige wijze in een relatief kleine bufferruimte aanbrengen, in plaats van in de gehele krukkast. Voorts maakt dit drijfwerk reeds bij een ééncilindermotor een volledige balancering van de traagheidskrachten mogelijk. Andere vernieuwingen betreffen het regeneratorhuis, de koeler en de verhitter. Er is een radicale oplossing gevonden voor het probleem van de thermische uitzetting in deze onderdelen, terwijl de constructie ondanks een zeer hoge gasdruk toch licht kan worden gehouden. Ook voor de voorverhitter is een nieuwe constructie gevonden, waardoor branderrendementen tot 90% bereikt worden. Verder is een systeem voor het snel regelen van het motorvermogen door variatie van de gasdruk in de werkruimte ontwikkeld.

Met toepassing van al deze constructieprincipes is een ééncilinder-proefmotor van ongeveer 40 pk gebouwd, die waterstof (of desgewenst helium) als werkmedium bevat en dunne stookolie als brandstof gebruikt. De maximaal toelaatbare druk in de werkruimte is 140 kg/cm², het nominale toerental bedraagt 1500 omw/min. Uitvoerige metingen aan deze heetgasmotor, waarvan de resultaten in het artikel worden gegeven, hebben aangetoond dat bij een verhittertemperatuur van 700 °C rendementen tot ca. 38% (zonder hulpwerktuigen) worden bereikt. Het maximale gemeten specifieke vermogen bedroeg 120 pk per liter zuigerslagvolume (gewicht 5 kg per pk), het minimale gemeten specifieke brandstofverbruik 165 gram per pk uur.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

KLEURENTELEVISIE IN DIENST VAN HET MEDISCH ONDERWIJS

621.397.3:378.4:61

Een reeds van oudsher bestaand vraagstuk bij het medisch onderwijs is, hoe men chirurgische ingrepen zodanig kan demonstreren dat een groot aantal studenten ze van nabij kan volgen. Een belangrijke stap nader tot zijn oplossing is dit probleem gekomen toen de televisietechniek zo ver was gevorderd dat lichtsterke beelden van flinke afmetingen geprojecteerd konden worden. Reeds spoedig na de ontwikkeling van het Philips projectiesysteem [1]) heeft men de toepassingsmogelijkheid bij het medisch onderwijs ingezien. Bij wijze van demonstratie is in februari 1949 met dit systeem in het Academisch Ziekenhuis te Leiden een operatie zichtbaar gemaakt voor ruim 200 toeschouwers [2]).

Intussen is de kleurentelevisie tot ontwikkeling gekomen. Hierdoor is men in staat, aan het geprojecteerde beeld de kleurinformatie toe te voegen. Dat deze voor het goede begrip van wat de toeschouwers te zien krijgen, een aanzienlijke hulp betekent, wordt geïllustreerd door *fig. 1*, waarin een zelfde chirurgisch object is afgebeeld in zwart-wit en in kleuren.

Een tweede belangrijke ontwikkeling in vergelijking met de toestand van tien jaar geleden betreft verbeteringen aan de optiek met continu veranderbare brandpuntsafstand (in het Engels: „zoom lens"). Met dit instrument is men in staat, de grootte van het gezichtsveld continu te variëren, zodat men zonder verplaatsing van de camera zowel overzichtsbeelden kan geven als kleine details sterk vergroot weergeven.

Een en ander is voor de Medische en Farmaceutische Faculteit van de Universiteit te Marseille aanleiding geweest, over te gaan tot het aanschaffen van een intern kleurentelevisiesysteem met groot geprojecteerd beeld (2,70 bij 3,60 m). Deze installatie is in oktober 1958 in gebruik genomen. Hieronder volgt een korte beschrijving ervan.

Fig. 2 toont het blokschema. In de operatiekamer *A* is aan de lamp boven de operatietafel de televisiecamera bevestigd (zie ook *fig. 3*). De camera „ziet" het verlichte object (verlichtingssterkte 20 000 tot 30 000 lux) via een schuin geplaatste, vlakke spiegel. Deze is zodanig met

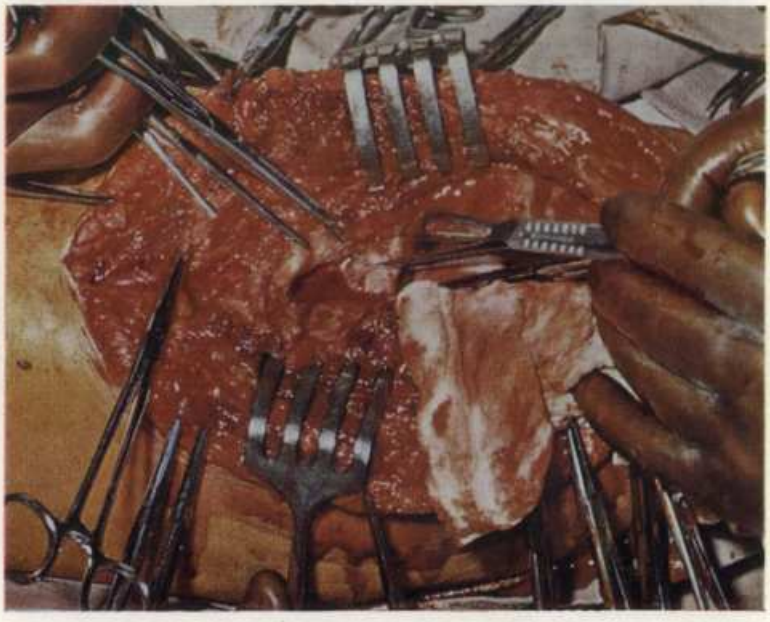


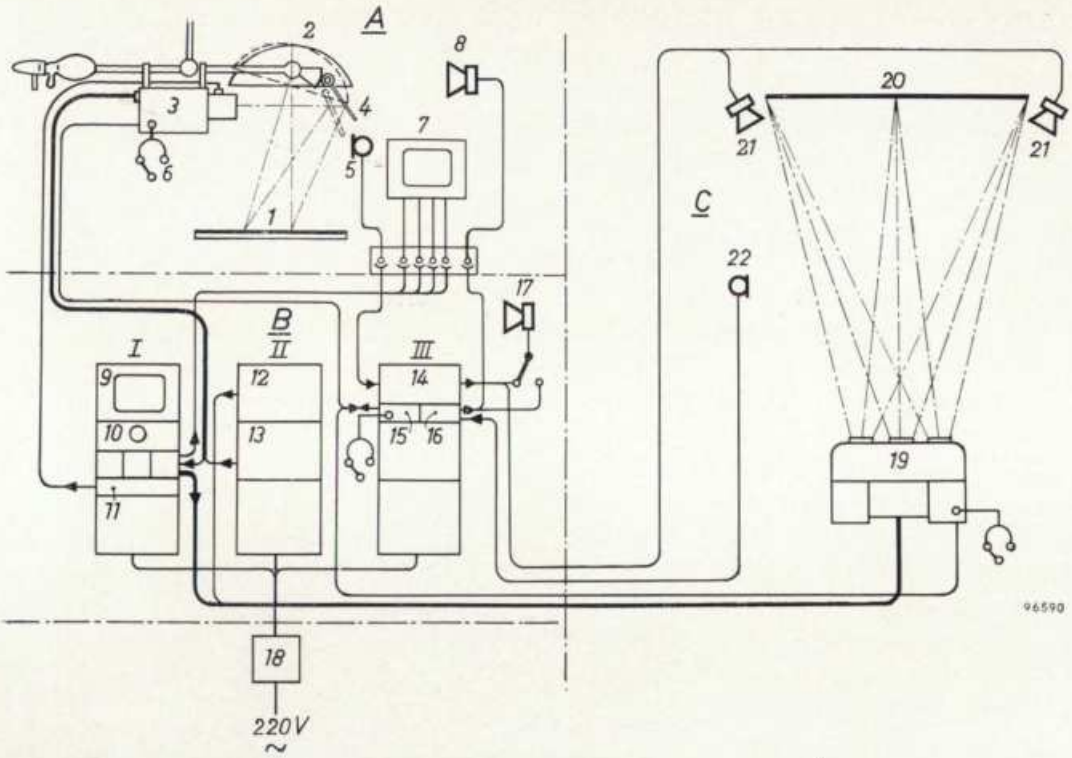
Fig. 1. De afbeelding van een chirurgisch object in kleuren wint het in duidelijkheid verre van de afbeelding zonder kleuren.

[1]) H. Rinia, J. de Gier en P. M. van Alphen, Home projection television, I. Cathode-ray tube and optical system, Proc. Inst. Rad. Engrs. **36**, 395-400, 1948. P. M. van Alphen en H. Rinia, Een televisie-ontvanger met geprojecteerd beeld, I. De projectie-optiek, Philips techn. T. **10**, 97-106, 1948.

[2]) Philips techn. T. **11**, 90, 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



↑ Fig. 2

← Fig. 3

Fig. 2. Schema van het interne kleurentelevisiesysteem van de Medische en Farmaceutische Faculteit der Universiteit te Marseille (hierop hebben ook de volgende figuren betrekking).

A operatiekamer, met operatietafel *1*, operatielamp *2*, kleurentelevisiecamera *3*, spiegel *4*, microfoon *5*, hoofdtelefoon met microfoon *6*, zwart-witmonitor *7*, luidspreker *8*.

B regelkamer, met de rekken *I*, *II* en *III*. Rek *I* bevat o.a. een monitor *9*, een oscilloscoop *10* en een paneel *11* met de knoppen voor het bedienen van het cameraobjectief (scherpstelling, brandpuntsafstand, diafragma; deze regelingen zijn ook mogelijk vanuit de operatiekamer). In rek *II* wordt bij *12* een testsignaal opgewekt, en bij *13* de afbuigstromen en de correctiesignalen voor de camera. Rek *III* bevat o.a. een 70 W-versterker *14* en twee 2 W-versterkers *15* en *16*. Luidspreker *17* dient voor meeluisteren. *18* spanningsstabilisator (5 kVA).

C collegezaal met kleurentelevisieprojector *19*, projectiescherm *20*, luidsprekerzuilen *21* en microfoon *22*.

Fig. 3. De operatiekamer. Aan de lamp *2* (nummering als in fig. 2) zijn de kleurencamera *3* en de schuine spiegel *4* met de microfoon *5* bevestigd. Rechts de monitor *7* en de luidspreker *8*. Geen enkel onderdeel staat de chirurgen in de weg.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de lamp gekoppeld dat bij draaien van de lamp de camera het verlichte veld blijft zien (fig. 2).

De camera bevat drie opneembuizen, die volgens het principe van de fotogeleiding werken [3]). Kleursplitsende spiegels en filters zorgen ervoor dat resp. de rode, de groene en de blauwe component van het

Verder bevindt zich in de operatiekamer een zwart-witmonitor (dit zou ook een kleurenmonitor kunnen zijn). Hierop kan men de drie grondkleurbeelden afzonderlijk of in combinatie controleren.

Zoals uit fig. 3 blijkt, vormt geen van de onderdelen der installatie een obstakel voor de chirurgen.

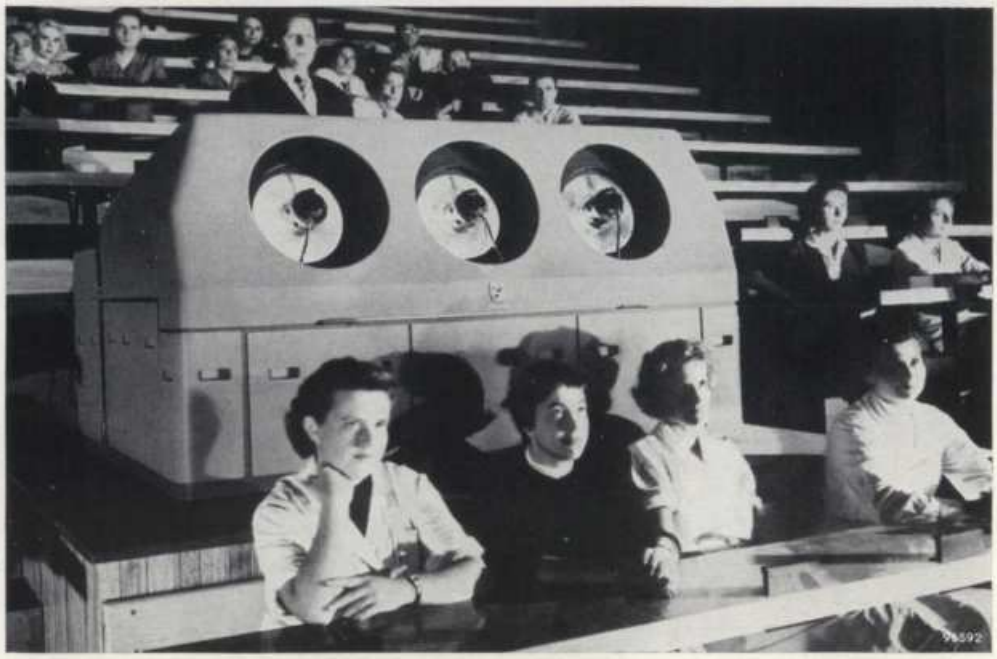


Fig. 4. De kleurentelevisieprojector in de collegezaal. De grondkleurprojectors (rood, groen, blauw) zijn naast elkaar opgesteld [5]).

invallende licht op de corresponderende opneembuis valt [4]). Het objectief („Pan Cinor", fabrikaat S.O.M. Berthiot) heeft een brandpuntsafstand die continu variabel is van 42 tot 170 mm. Hiermee correspondeert op de operatietafel een gezichtsveld van 30 tot 7,5 cm middellijn. Zowel vanuit de operatiekamer als vanuit de regelkamer (*B*, fig. 2) kan men door middel van servomotoren het beeld scherpstellen en de brandpuntsafstand en het diafragma regelen. Een bijzonderheid van het objectief is dat er tussen de laatste lens en de opneembuizen voldoende plaats is voor de kleursplitsende spiegels en de filters.

Via de regelkamer — die aanstonds zal worden besproken — worden de drie grondkleursignalen per kabel naar de collegezaal geleid (*C* in fig. 2). Hier is de kleurentelevisieprojector opgesteld (*fig. 4* en *fig. 5*), van een type dat reeds uitvoerig in dit

Fig. 5. Het bedieningspaneel van de kleurentelevisieprojector. Het beeld op het scherm is 2,70 bij 3,60 m en heeft een maximale luminantie van 14 cd/m².

[3]) P. K. Weimer, S. V. Forgue en R. R. Goodrich, The Vidicon photoconductive camera tube, R.C.A. Rev. **12**, 306-313, 1951. L. Heijne, P. Schagen en H. Bruining, Een experimentele opneembuis voor televisie, met toepassing van fotogeleiding, Philips techn. T. **16**, 43-45, 1954.

[4]) P. M. van Alphen, Toepassingen van de interferentie van licht aan dunne laagjes, Philips techn. T. **19**, 50-58, 1957 (no. 2), in het bijzonder blz. 56 e.v.

[5]) T. Poorter en F. W. de Vrijer, Het weergeven van kleurentelevisiebeelden door middel van projectie, Philips techn. T. **19**, 353-370, 1957 (no. 12), in het bijzonder fig. 20, 21 en 22.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

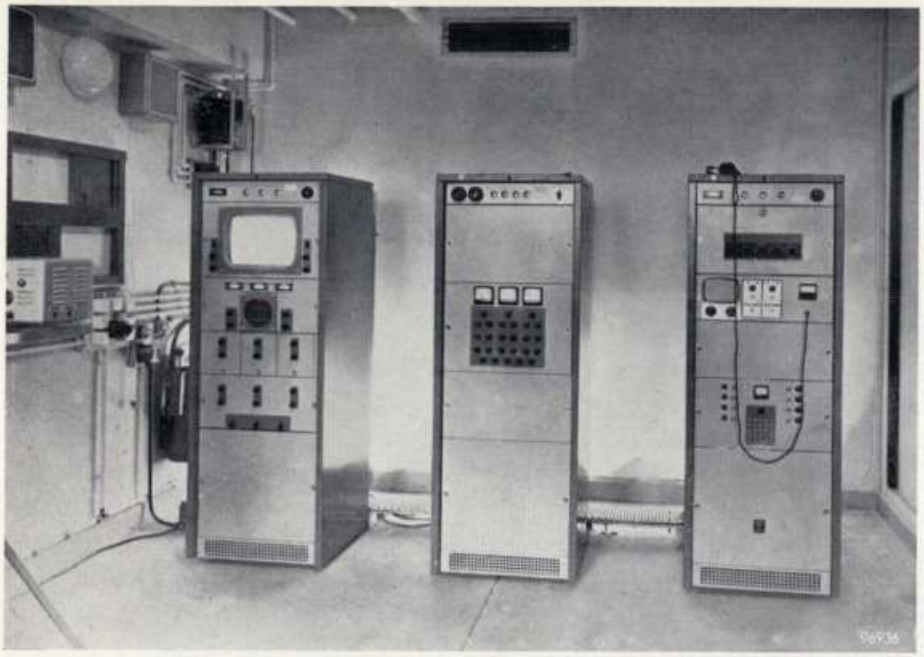


Fig. 6. De drie rekken in de regelkamer (vgl. fig. 2). De muur links is de achterwand van de collegezaal. Door het venster kan de operateur het geprojecteerde beeld zien.

tijdschrift is beschreven [5]). Hij bestaat uit drie naast elkaar opgestelde grondkleurprojectors, elk met een Schmidt-optiek en resp. een rood, een groen en een blauw licht gevende weergeefbuis. Zoals in het artikel [5]) is beschreven, geschiedt het tot dekking brengen van de drie grondkleurbeelden op het projectiescherm deels mechanisch (door richten van de buitenste projectors), deels elektrisch (door toevoegen van correctiesignalen aan de afbuigstromen). Tegen de röntgenstralen die in de op 50 kV werkende projectiebuizen worden opgewekt, zijn afdoende beveiligingsmaatregelen genomen.

Het beeld op het scherm (fig. 5) — een parelscherm met een versterkingsfactor van ca. 2,5 — heeft een grootte van 2,70 bij 3,60 m en een maximale luminantie van 14 cd/m². Werkt men met het kleinste gezichtsveld, dan wordt een object van 7,5 cm afgebeeld over de gehele hoogte van het scherm, zodat de lineaire vergroting dan ca. 36× bedraagt. Afmetingen, scherpte, helderheid en contrast van het geprojecteerde beeld zijn zodanig dat de 300 toeschouwers waaraan de zaal plaats biedt, de handeling tot in de kleinste details kunnen volgen. Ook in een zaal voor 500 personen zou het resultaat nog ruim voldoende zijn.

In de regelkamer (*B*, fig. 2) zijn drie rekken opgesteld (*fig. 6*). Rek *I* bevat o.a. een soortgelijke monitor als zich in de operatiekamer bevindt, en een oscilloscoop, ter controle van de amplitude en de gradatie der drie grondkleursignalen.

Rek *II* levert de afbuigstromen en correctiesignalen voor de opneembuizen (de aftasting geschiedt volgens het 625-lijnensysteem). Verder worden in dit rek de synchronisatiesignalen voor de camera en de kleurenprojector opgewekt, alsmede een testsignaal, waarmee men de kleurenprojector kan controleren buiten de camera om.

Rek *III* bevat de versterkers van de geluidsinstallatie: één 70 W- en twee 2 W-versterkers. De eerstgenoemde voedt twee luidsprekerzuilen aan weerszijden van het projectiescherm. Hierover wordt vanuit de operatiekamer commentaar gegeven bij het vertoonde. Een begrenzer in de versterker voorkomt overbelasting wanneer de spreker de microfoon (bevestigd op de achterkant van de schuine spiegel) te dicht zou naderen; daardoor heeft de spreker ten opzichte van de microfoon een behoorlijke bewegingsvrijheid. De ene 2 W-versterker dient voor communicatie tussen de operatiekamer, de regelkamer en de operateur van de kleurenprojector door middel van hoofdtelefoons en daaraan bevestigde microfoon. De andere 2 W-versterker verbindt een microfoon in de collegezaal met een luidspreker in de operatiekamer. Door middel van een luidspreker in de regelkamer kan de aldaar gestationeerde operateur zowel op dit kanaal als op de 70 W-versterker meeluisteren.

De voeding van de gehele installatie uit het net geschiedt via een spanningsstabilisator voor 5 kVA.

Het zal duidelijk zijn dat het nut van de beschreven installatie zich niet beperkt tot het onderricht in de chirurgie. Tandheelkundige onderwerpen, anatomie, autopsie, sterilisatietechniek, enz. kunnen er eveneens mee aan een talrijk gehoor worden gedemonstreerd. Daarbij behoeft men niet alleen te denken aan colleges voor medische studenten, maar ook aan cursussen zoals die in ziekenhuizen geregeld voor het verplegend personeel worden gegeven.

W. A. HOLM en F. H. J. van der POEL.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

GELIJKSTROOM-WISSELSTROOMOMZETTERS MET TRANSISTORS, VOOR HET VOEDEN VAN FLUORESCENTIELAMPEN

door Th. HEHENKAMP en J. WILTING.

621.314.5:621.314.7:
621.327.534.15

Reeds enige jaren is het bekend dat met behulp van transistors gelijkstroom in wisselstroom kan worden omgezet met een verrassend hoog rendement. Dit opent nieuwe mogelijkheden voor het voeden van fluorescentielampen uit gelijkstroombronnen van lage spanning.

Voor de verlichting van verschillende soorten voertuigen is men aangewezen op een accubatterij als voedingsbron. Dit is b.v. het geval in vele typen treinen, in autobussen, vrachtauto's en op binnenvaartschepen. Het beschikbare vermogen is dan altijd vrij klein, omdat anders te zware en te kostbare batterijen nodig zouden zijn. Voor een goede verlichting is derhalve een hoog rendement van de verlichtingsinstallatie van primair belang. Nu is een hoog rendement een van de kenmerkende eigenschappen van fluorescentielampen met lage druk, zoals „TL" lampen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat deze lampen meer en meer in voertuigen worden gebruikt [1]).

Wil men de stroom voor fluorescentielampen rechtstreeks uit een batterij betrekken, dan moet men rekening houden met twee bezwaren. Het eerste is een algemeen bezwaar van voeding van gasontladingslampen uit batterijen. Het bestaat hierin dat het verschil tussen de voedingsspanning en de lampspanning moet worden opgenomen door een weerstand, waarin een aanmerkelijk verlies optreedt, in tegenstelling met de impedantie met gering verlies, die men bij wisselstroom gebruikt. De lampspanning is ongeveer 0,5 tot 0,6 van de voedingsspanning. Het rendement van de schakeling (de verhouding van het vermogen in de ontlading tot het uit de batterij opgenomen vermogen) bedraagt derhalve niet meer dan 50 tot 60%.

Het tweede nadeel is dat fluorescentielampen niet bijzonder geschikt zijn voor voeding met een lage spanning, zoals bij het merendeel van de batterijen in verkeersmiddelen voorkomt. Voor het ontsteken van de korte „TL" C-lampen b.v. (38 en 47 cm lang), die voor treinverlichting zijn ontwikkeld [1]), is een batterijspanning van nominaal 72 V nodig, en deze is lang niet overal beschikbaar. Voor langere lampen — die het voordeel van een hoger rendement hebben — is de vereiste batterijspanning nog hoger.

In de talrijke gevallen dat de beschikbare batterijspanning niet hoog genoeg is voor de fluorescentielampen die men wil gebruiken, is de een of andere vorm van omzetter noodzakelijk. Ook als de batterijspanning wèl hoog genoeg is, maakt men soms van een omzetter gebruik, ten einde het rendement op te voeren. Men kan de omzetter immers wisselstroom laten leveren en dus voorschakelapparaten gebruiken die weinig verliezen hebben. Tevens kan men de wisselspanning van de omzetter transformeren tot 220 V. Daardoor is men in de gelegenheid, „TL" lampen van ca. 1 m lengte te gebruiken, die een hoger rendement hebben dan korte lampen.

Van de verschillende in aanmerking komende omzetters wordt in sommige landen de centrifugaalomzetter met draaiende kwikstraal [2]) het meest gebruikt. Het rendement van de schakeling kan hiermee gebracht worden op ca. 70%.

Van belang bij gelijkstroom-wisselstroomomzetters is dat men de frequentie nog kan kiezen. Er zijn verschillende redenen om de frequentie aanzienlijk hoger dan de netfrequentie (50 Hz) te kiezen:

1) Het rendement van een fluorescentielamp neemt met de frequentie toe *(fig. 1)*.

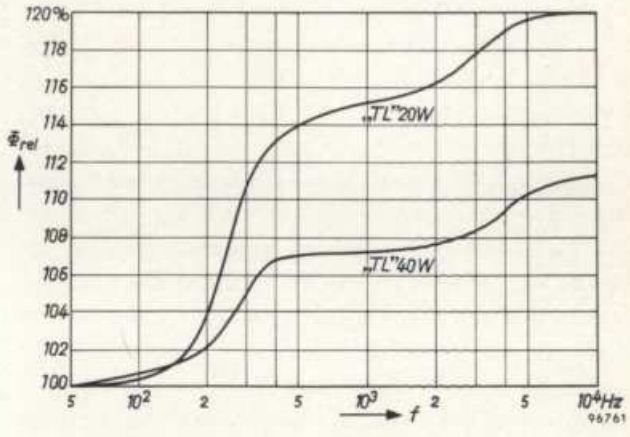


Fig. 1. Relatieve lichtstroom Φ_{rel} van een „TL" 20 W- en een „TL" 40 W-lamp als functie van de frequentie f van de voedingsstroom, bij constant vermogen in de ontlading. Φ_{rel} is 100 % gesteld bij $f = 50$ Hz.

[1]) L. P. M. ten Dam en D. Kolkman, Verlichting in treinen en andere verkeersmiddelen door middel van „TL" lampen, Philips techn. T. **18**, 28-35, 1956.

[2]) Zie het in [1]) aangehaalde artikel, blz. 31 e.v.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

2) De voorschakelapparaten kunnen kleiner zijn en minder verliezen hebben naarmate de frequentie hoger is.
3) Opvoeren van de frequentie verkleint de rimpel in de lichtstroom en maakt het licht dus rustiger. Dit is van belang in voertuigen, waar men wegens de schokkende bewegingen (stroboscopisch effect) strengere eisen in dit opzicht moet stellen.

Om deze redenen kiest men bij gelijkstroom-wisselstroomomzetters de frequentie steeds hoger dan 50 Hz: meestal 100 Hz bij de centrifugaalomzetter, en 100 of 150 Hz — soms tot 1000 Hz — bij draaiende omzetters van het meer conventionele type. Aanstonds zullen we een type omzetter bespreken waarbij men de frequentie veel hoger kan kiezen.

Volgens de beschreven principes kan men zeer goede installaties tot stand brengen, en dit is dan ook op grote schaal gedaan. Toch blijven er nog een aantal wensen over. Zo zou men gaarne de draaiende omzetters vervangen door statische omzetters, die vrijwel geen onderhoud vergen. Ook zou men met een hogere frequentie willen werken, vooral om de voorschakelapparaten nog kleiner te kunnen maken. Bovendien zou een verdere verhoging van het rendement niet onwelkom zijn.

Nieuwe mogelijkheden om aan deze wensen tegemoet te komen, zijn geschapen door de ontwikkeling van de transistor, en wel in het bijzonder van transistors voor groot vermogen. Met behulp van deze schakelelementen kan gelijkstroom op eenvoudige wijze en met een hoog rendement worden omgezet in wisselstroom van tamelijk willekeurige frequentie [3]).

Fig. 2a toont een van de eenvoudigste schema's van zulk een gelijkstroom-wisselstroomomzetter, waarbij als belasting een weerstand R_0 fungeert. De twee transistors werken hier niet als versterkers, maar als schakelaars. Ze laten beurtelings stroom door (van emissor naar collector) en de transformator levert vrijwel een kanteelspanning. Dat men met behulp van transistors een relatief groot wisselstroomvermogen kan opwekken, is hieraan te danken dat in de stroomdoorlatende transistor slechts een zeer gering spanningsverlies optreedt, en dat door de andere transistor, waarover wèl een aanzienlijke spanning staat, een lekstroom vloeit die verwaarloosbaar is. De combinatie van aanmerkelijke stroom door en spanning over de transistors komt alleen voor tijdens de commutatie, doch deze duurt slechts een kleine fractie van de periode.

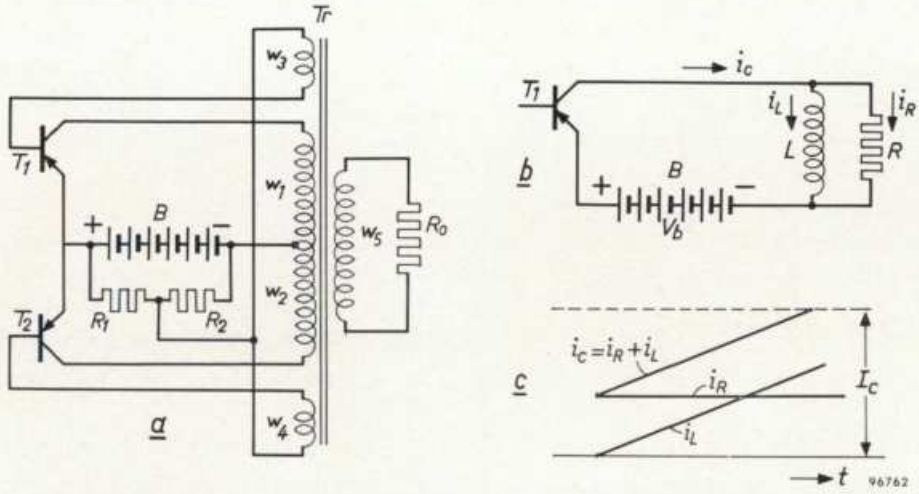


Fig. 2. *a*) Eenvoudig schema van een gelijkstroom-wisselstroomomzetter met transistors, belast met een weerstand R_0. B voedingsbatterij. T_1, T_2 transistors (type P-N-P). Tr transformator, met primaire spoelen w_1-w_2, terugkoppelspoelen w_3-w_4 en secundaire spoel w_5. De spanningsdeler R_1-R_2 geeft aan de bases een kleine negatieve voorspanning ten opzichte van de emissors.
b) De transformatorspoelen w_1 en w_2 en de belastingsweerstand R_0 zijn vervangen door de parallelschakeling van een zelfinductie L (de nullastzelfinductie van w_1) en een weerstand R (de naar de primaire zijde getransformeerde weerstand R_0).
c) De collectorstroom i_C in (*b*) splitst zich in twee componenten: de constante stroom $i_R = V_b/R$ en de toenemende stroom $i_L = V_b t/L$. Aan dit verloop komt een eind wanneer $i_C = i_R + i_L$ de waarde I_C bereikt.

De frequentie is bepaald door de nullastzelfinductie van de primaire transformatorspoelen (w_1 en w_2 in fig. 2*a*), door de belasting, de voedingsspanning en de transistorkarakteristieken. Het blijkt dat

[3]) Zie b.v. G. H. Royer, A switching transistor D-C to A-C converter having an output frequency proportional to the D-C input voltage, Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs. **74 I** (Communication and Electronics), 322-324, 1955, en het door L. H. Light geschreven hoofdstuk „Transistor d.c. converters" van het boek „The junction transistor and its applications" (red. E. Wolfendale), uitg. Heywood & Co., Londen 1958.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

men gemakkelijk frequenties van een paar kilohertz kan opwekken.

De werking van de in fig. 2*a* weergegeven schakeling moge hier in het kort worden toegelicht.

Wij beschouwen de toestand vanaf een ogenblik waarop de „schakelaar" T_1 geleidend en de „schakelaar" T_2 stroomloos wordt. De batterij levert stroom via emissor en collector van T_1, welke stroom ook door w_1 vloeit. Zolang dit het geval is, staat nagenoeg de gehele batterijspanning V_b over w_1 (dus ook over w_2), en over w_3, w_4 en w_5 staan dan eveneens constante spanningen. w_3 en w_4 zijn zodanig aangesloten dat w_3 de basis van T_1 sterker negatief maakt dan de spanningsdeler R_1-R_2 al deed, en w_4 de basis van T_2 positief maakt. Dit is in overeenstemming met de doorlatende toestand van T_1 en het stroomloos zijn van T_2.

De spoelen w_1 en w_5 met de weerstand R_0 kunnen we vervangen denken door de parallelschakeling van een weerstand R (de naar de primaire zijde getransformeerde weerstand R_0) en een zelfinductie L (de nullastzelfinductie van w_1), zie fig. 2*b*. Over deze parallelschakeling staat de spanning V_b (verlies in T_1 verwaarloosd). De collectorstroom i_C splitst zich dus in twee componenten: de constante stroom $i_R = V_b/R$, en de (indien L constant is) evenredig met de tijd t toenemende stroom $i_L = V_b t/L$, zie fig. 2*c*. De collectorstroom neemt dus met de tijd toe. Dit kan echter niet onbegrensd doorgaan, daar aan i_C een bovenste grens I_C is gesteld, die bepaald is door de (constante) spanning tussen emissor en basis. Zodra i_C deze waarde I_C bereikt, kan hij dus niet verder toenemen. Dit laatste geldt ook voor de component i_L. Dus di_L/dt wordt nul, hetgeen betekent dat alle transformatorspanningen ineenzakken. Door het verdwijnen van de terugkoppelspanning over w_3 neemt de basisstroom van T_1 af, dit dwingt i_C eveneens af te nemen, met het gevolg dat er nu in de transformatorspoelen spanningen worden geïnduceerd met het tegengestelde teken als zoëven. Daardoor wordt T_1 stroomloos en T_2 geleidend; T_2 en w_2 komen nu in de toestand te verkeren die tevoren voor T_1 en w_1 gold.

Er ontstaat dus een periodiek wisselende toestand. De transformatorspanning is vrijwel kanteelvormig. Eén halve periode (afgezien van de zeer korte commuteringstijd) is gelijk aan de tijd die i_C nodig heeft om van de waarde V_b/R toe te nemen tot de waarde I_C die bij de aanwezige basisspanning behoort (fig. 2*c*). Het is gemakkelijk in te zien dat deze tijd des te korter is (de frequentie dus hoger) naarmate L, R en I_C kleiner zijn en V_b hoger is.

De belastingsweerstand in fig. 2*a* kan niet zonder meer worden vervangen door een fluorescentielamp. Dit komt in de eerste plaats door het verschil tussen ontsteek- en brandspanning van de lamp. Het lijkt op het eerste gezicht voldoende als de transformator onbelast een spanning levert die boven de ontsteekspanning uit komt. Zodra de lamp brandt, behoeft echter nog slechts de veel lagere brandspanning te worden geleverd. De transistors zouden dus, wat de spanning betreft, òf vóór het ontsteken overbelast òf na het ontsteken onderbelast kunnen zijn. Met het oog hierop is het gunstig, maatregelen te nemen die de ontsteek- en de brandspanning van de lamp zo dicht mogelijk bij elkaar brengen. Bekende maatregelen hiertoe zijn:

1) Verwarmen van de elektrodes door een gloeistroom. Deze kan worden betrokken van hulpwikkelingen op de transformator (w_6 en w_7, *fig. 3*).
2) Aanbrengen van een geleidende streep op de buitenkant van de lamp. Aan deze streep wordt een hogere spanning gelegd dan voor de lamp beschikbaar is. Daartoe wordt de secundaire wikkeling van de transformator verlengd met een gedeelte w_8 (fig. 3).

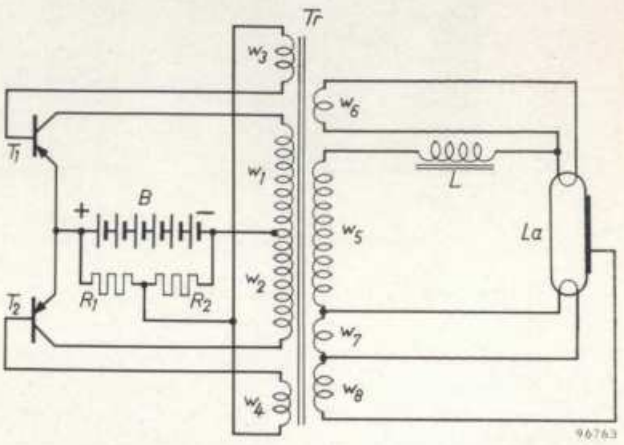


Fig. 3. Eenvoudige schakeling van een transistoromzetter die een fluorescentielamp *La* voedt. In vergelijking met fig. 2*a* is de transformator *Tr* uitgebreid met gloeistroomwikkelingen w_6 en w_7, en met een wikkeling w_8 voor het geven van een hogere spanning aan de geleidende streep op de buitenkant van de lamp. *L* is een zelfinductiespoel in serie met de lamp. Betekenis van de overige letters als in fig. 2*a*.

In de tweede plaats heeft men bij het vervangen van de belastingsweerstand door een fluorescentielamp rekening te houden met de dalende stroomspanningskarakteristiek van de lamp. Zodra de lamp ontsteekt, neemt de ogenblikswaarde van de collectorstroom door de transistors snel toe, waardoor de frequentie sterk stijgt en de werking van de omzetter instabiel wordt. Als middel hiertegen wordt in serie met de lamp een zelfinductiespoel geschakeld (*L*, fig. 3).

Met de eenvoudige schakeling van fig. 3 kan men een rendement van ca. 50 tot 55% behalen. Allerwegen wordt gezocht naar schakelingen met hoger rendement. Men tracht daartoe de stroom door de transistors tijdens de commutatie een zodanig verloop te geven dat het verlies in de transistors kleiner is. *Fig. 4* toont één van de bij Philips ontwikkelde transistoromzetters waarvan het rendement meer dan 60% bedraagt. Dank zij de hoge frequentie (enige kHz) en het gebruik van ferroxcube konden de transformator en de zelfinductiespoel zeer klein worden gehouden. De hoge frequentie heeft bovendien nog het voordeel dat de winst in lamprendement, vergeleken met het rendement bij 50 Hz, niet onbelangrijk is (vgl. fig. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

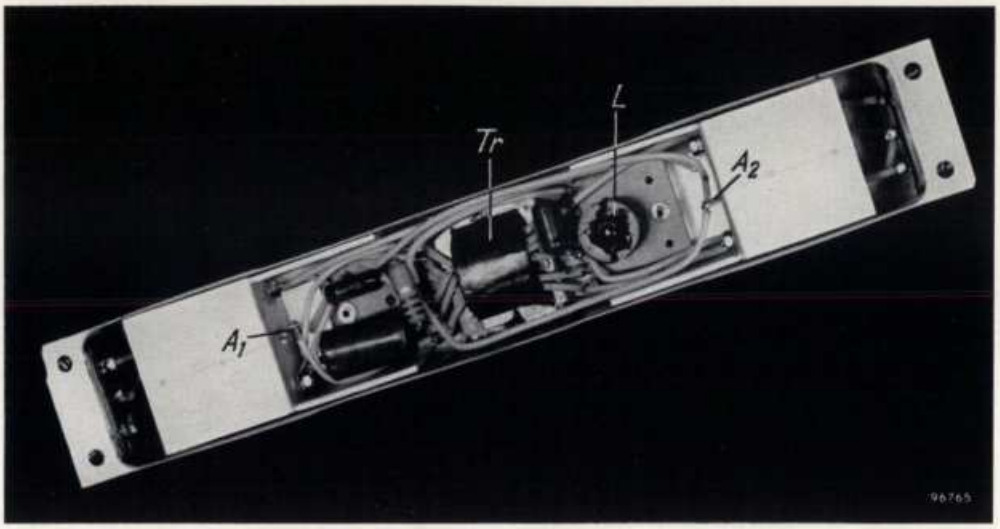


Fig. 4. Een van de experimentele gelijkstroom-wisselstroomomzetters. Van de transistors ziet men slechts de aansluitlippen (A_1 en A_2). De transformator Tr en de spoel L hebben een kern van ferroxcube.

Wat in dit artikel wordt bedoeld met „rendement van de schakeling", vereist enige toelichting.

Het ingangsvermogen van de omzetter is het produkt van de gemiddelde batterijstroom en de batterijspanning, en is derhalve gemakkelijk te bepalen. Het uitgangsvermogen dient voor een deel om de elektrodes te verwarmen (dit deel is dus niet direct nuttig), en de rest wordt toegevoerd aan de ontlading. Dit laatste deel zou men willen meten, doch dit is niet op eenvoudige wijze mogelijk.

Een soortgelijke moeilijkheid doet zich voor bij (uit een wisselstroomnet gevoede) starterloze schakelingen. Als voorbeeld geven wij in *fig. 5* de schakeling van de „TL" M-lamp [4]). In deze schakeling komt geen enkele tak voor waarin dezelfde stroom loopt als in de ontlading. Men kan derhalve niet op eenvoudige wijze met een wattmeter het vermogen bepalen dat aan de ontlading wordt toegevoerd.

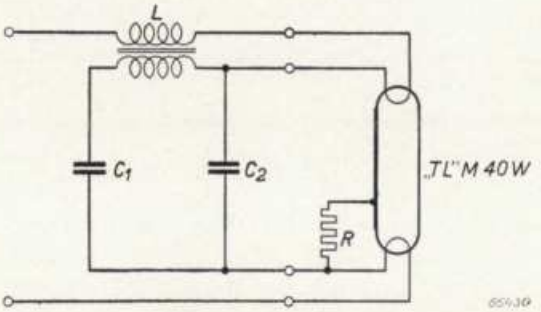


Fig. 5. Starterloze schakeling van een „TL" M-lamp, als voorbeeld van een schakeling waaraan men niet eenvoudig het aan de ontlading toegevoerde vermogen kan meten. (Voor een toelichting van het schema, zie fig. 4 van het in [4]) aangehaalde artikel.)

Internationaal wordt reeds vrij algemeen de volgende methode aanvaard om deze moeilijkheid te vermijden. Men laat de lamp werken in de te onderzoeken schakeling (*fig. 6a*), terwijl in de nabijheid een fotocel is opgesteld die op een millivoltmeter is aangesloten. Zonder iets aan de opstelling te veranderen, schakelt men over op de eenvoudige schakeling van fig. 6*b*. Hier is dezelfde lamp — nu echter zonder aparte gloeistromen — in serie met een smoorspoel aangesloten op een regeltransformator, die uit het net wordt gevoed. Met deze transformator stelt men de lampstroom zo in dat de millivoltmeter dezelfde uitslag geeft als zoëven. De uitslag van de wattmeter, die in de tweede schakeling is opgenomen, laat men nu gelden als de waarde van het vermogen P_{la} dat de ontlading opnam in de schakeling van fig. 6*a*.

Bij het ontwikkelingswerk aan transistoromzetters voor fluorescentielampen hebben wij ons uit praktische overwegingen eveneens van deze methode bediend. Daarbij is eenvoudigheidshalve geen correctie aangebracht voor het verschil in lamprendement, dat bij voeding uit de omzetter hoger is dan bij voeding uit het net (deze correctie is afhankelijk van het type lamp). De zoëven genoemde en de aanstonds nog te noemen rendementen zijn dus enerzijds, door het achterwege laten van deze correctie, te hoog, doch anderzijds, doordat het gloeistroomvermogen niet bij P_{la} is inbegrepen, te laag.

Twee van de ontwikkelde typen omzetters doen dienst in installaties die in de praktijk worden beproefd. De ene installatie bevindt zich in een autobus van een lijndienst in de omgeving van Eind-

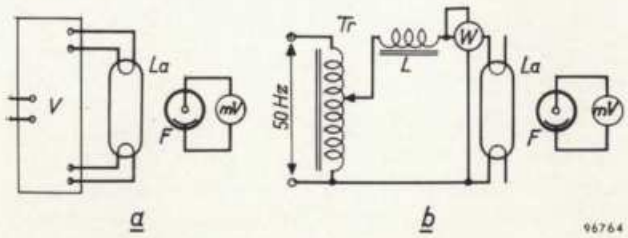


Fig. 6. *a*) Fluorescentielamp *La* en voorschakelapparaat (eventueel omzetter) *V* met zodanige schakeling dat het aan de ontlading toegevoerde vermogen P_{la} niet gemakkelijk rechtstreeks kan worden gemeten.
b) Dezelfde lamp *La* — nu zonder aparte gloeistromen —, in serie met een smoorspoel *L*. Met de wattmeter kan men in deze schakeling P_{la} bepalen. Men neemt aan dat deze waarde ook voor de schakeling (*a*) geldt indien de op de fotocel *F* aangesloten millivoltmeter in beide gevallen dezelfde uitslag geeft. Men maakt de uitslag bij (*b*) gelijk aan die bij (*a*) met behulp van de regeltransformator *Tr*.

[4]) Philips techn. T. **17**, 263 e.v., 1955.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 7. Proefinstallatie in een getrokken rijtuig van de Nederlandse Spoorwegen. De installatie bestaat uit 20 „TL" lampen van 20 W. In elk van de balken waarop de lampen zijn gemonteerd, bevindt zich een transistoromzetter. Voedingsspanning 24 V, frequentie ca. 7 kHz, rendement ca. 62%.

hoven. In deze bus zijn vijf „TL" lampen van 20 W aangebracht, van de constructie met geleidende streep. Elke lamp is met zijn transistoromzetter gemonteerd in een armatuur. De batterijspanning is 12 V, de frequentie ca. 4 kHz en het rendement ca. 65 %. De installatie is sinds een jaar tot volle tevredenheid in gebruik.

De tweede installatie bevindt zich in een getrokken rijtuig van de Nederlandse Spoorwegen (*fig.* 7). Twintig „TL" lampen van 20 W, eveneens met geleidende streep, zijn gemonteerd op montagebalken met eindkappen van een bij de N.S. gebruikelijke vorm. In elke balk bevindt zich een transistoromzetter. De batterijspanning is hier 24 V, de frequentie ca. 7 kHz, het rendement ca. 62 %. Deze installatie is enige maanden in gebruik, eveneens zonder storingen.

De met deze installaties en uit laboratoriumproeven opgedane ervaring bewijst dat de transistoromzetter een zeer bruikbare oplossing vormt van het vraagstuk, hoe men fluorescentielampen van matig vermogen kan voeden uit batterijen van lage spanning. De lampen blijken langer dan 7000 uur te leven, en in dit tijdsverloop veranderen de transistors niet noemenswaard in eigenschappen. Het rendement van de schakeling overtreft dat van vele draaiende omzetters, maar staat wat ten achter bij het rendement dat met centrifugaalomzetters kan worden verkregen (70%). Dit kleine nadeel, dat de statische omzetter nog aankleeft, zal echter vermoedelijk binnenkort opgeheven zijn. Met nieuwe, nog in ontwikkeling zijnde schakelingen is namelijk een rendement van ruim 80% bereikt.

Samenvatting. Beschreven worden experimentele gelijkstroom-wisselstroomomzetters die met transistors werken en een vermogen van ca. 20 W leveren. Toepassingsgebied: het voeden van fluorescentielampen op plaatsen waar men een goede verlichting wenst, doch slechts over een accubatterij van beperkte capaciteit en lage spanning beschikt. De frequentie bedraagt enige kHz; de voordelen van deze hoge waarde zijn: lamprendement ca. 20% hoger dan bij 50 Hz, geen merkbare rimpel in het licht, apparatuur zeer klein. Proefinstallaties, met een rendement van 62 tot 65%, in een trein en een autobus hebben bevredigende resultaten opgeleverd. Met nieuwere schakelingen is een rendement van ruim 80% verkregen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

TOEPASSING VAN NTC-WEERSTANDEN BIJ DE EBULLIOSCOPISCHE MOLECUULGEWICHTSBEPALING

621.317.39:536.531:541.24

Bepalingen van het molecuulgewicht van chemische verbindingen worden, vooral in organisch-chemische laboratoria, veelvuldig uitgevoerd. Deze bepalingen dienen in hoofdzaak om, nadat een synthese is volbracht, te controleren of men de verbinding die men wenste te maken, inderdaad in handen gekregen heeft. Deze controlemethode is speciaal van belang bij de bereiding van stoffen die nog maar zelden of in 't geheel niet eerder gemaakt werden, en waarvan de fysische constanten nog niet goed bekend zijn. Bij de bereiding van „bekende" stoffen geschiedt de controle in de regel door een meting van het smeltpunt en/of het kookpunt, welke grootheden eenvoudiger te bepalen zijn dan het molecuulgewicht. Soms combineert men beide controlemethodes.

Het molecuulgewicht M van een verbinding kan men o.m. bepalen door gebruik te maken van het verschijnsel van de kookpuntsverhoging. Het kookpunt van een oplossing is nl. niet gelijk aan dat van het zuivere oplosmiddel, maar wijkt daarvan af in een mate die afhangt van het aantal opgeloste deeltjes dat zich in een zekere hoeveelheid van het oplosmiddel bevindt. Indien men te maken heeft met een niet-dissociërende oplosbare stof, zijn deze „deeltjes" eenvoudig de moleculen van de stof. Dissocieert de stof wèl, dan fungeert ieder der fragmenten als „deeltje" en vindt men een grotere kookpuntsverhoging. Voor een verdunde oplossing geldt dat de kookpuntsverhoging Δt evenredig is met het genoemde aantal deeltjes, dat wil zeggen met de concentratie van de oplossing. De evenredigheidsfactor, die een karakteristieke grootheid is voor het oplosmiddel en die we de moleculaire kookpuntsverhoging D noemen, wordt uitgedrukt in °C per grammolecuul van de opgeloste stof [1]) in 100 gram oplosmiddel (soms ook wel per 1000 g oplosmiddel).

Daar de fractie die één gram van een stof uitmaakt van een grammolecuul, omgekeerd evenredig is met het molecuulgewicht, geldt dus uiteindelijk:

$$\Delta t = D\frac{c}{M}, \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

waarin nu c de concentratie van de oplossing voorstelt in grammen per 100 gram oplosmiddel. In *tabel I* vindt men de waarde van D voor enige veel gebruikte oplosmiddelen.

Men voert in de praktijk een bepaling van M meestal aldus uit dat men een serie metingen verricht aan een aantal oplossingen van de te onderzoeken stof met toenemende concentratie, en eveneens een soortgelijke serie aan een ijkstof. Als ijkstof gebruikt men een stof die in chemische eigenschappen sterk met de te onderzoeken stof verwant is, die men zeer zuiver kan bereiden, en waarvan M bekend is uiteraard. Voor beide meetseries worden de gevonden kookpuntsverhogingen grafisch uitgezet tegen de concentratie, en door beide series meetpunten wordt een rechte getrokken. Naar men uit formule (1) kan afleiden, behoort deze rechte door de oorsprong te gaan. Men vindt M dan door het molecuulgewicht van de ijkstof te vermenigvuldigen met de verhouding van de hellingscoëfficiënten der beide rechten.

De reden dat men deze schijnbaar omslachtige methode gebruikt — indien D bekend is, kan men M immers ook direct uit de hellingscoëfficiënt van de rechte berekenen — is de volgende. Het blijkt dat men in de praktijk aan het rechterlid van vergelijking (1) nog een factor f moet toevoegen die dikwijls enigszins van één afwijkt. Door het aanbrengen van deze factor corrigeert men voor systematische fouten, die deels hun oorsprong vinden in het apparaat en de experimentele omstandigheden (de werkelijke concentratie b.v. is hoger dan de berekende, doordat een deel van het oplosmiddel zich in dampvorm bevindt), deels in de aard van de te onderzoeken stof (b.v. onrustig koken, wat tot een fout in de meting van Δt kan leiden). Daar niet steeds bekend is hoe groot de factor f is, is het aan te bevelen om M te bepalen uit een relatieve

Tabel I. De moleculaire kookpuntsverhoging D en het kookpunt van enige veel gebruikte oplosmiddelen (gerangschikt naar opklimmend kookpunt). Water behoort niet hiertoe, maar is opgenomen ter vergelijking.

Oplosmiddel	D (°C per mol in 100 g oplosmiddel)	kookpunt (°C)
Aceton	17	56
Chloroform	36	61
Tetrachloorkoolstof	50	77
Ethylacetaat	28	77
Ethanol	12	78
Benzeen	25	80
Cyclohexaan	28	81
Iso-octaan (2,2,4-trimethylpentaan)	40	99
Water	5,2	100

[1]) Een grammolecuul bevat immers steeds hetzelfde aantal moleculen ($6{,}025 \times 10^{23}$, het getal van Avogadro).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

meting, dat wil zeggen door vergelijking met een ijkstof waarvoor f op grond van de chemische verwantschap geacht kan worden dezelfde waarde te hebben.

Het grafisch uitzetten van iedere meetserie biedt verder enige voordelen boven het berekenen van M uit iedere meting (met behulp van formule (1) dus) en het achteraf middelen van de gevonden waarden. Door het trekken van de rechte bespaart men zich niet alleen rekenwerk, maar men neemt dan automatisch mee in aanmerking dat de Δt,c-rechte door de oorsprong moet gaan, en verder heeft men een controle op eventueel ongewenst gedrag van de stof zoals ontleding of associatie van moleculen of het chemisch reageren met het oplosmiddel. Indien iets dergelijks optreedt, is het verband tussen Δt en c nl. niet lineair meer.

Uit formule (1) blijkt dat voor een oplossing met concentratie $c = 0{,}4$ van een stof met een molecuulgewicht van ca. 250 in een oplosmiddel met een D-waarde van ca. 25, de kookpuntsverhoging Δt ongeveer 0,04 °C bedraagt. Om een molecuulgewicht met enige precisie te kunnen bepalen, behoeft men dus een thermometer die een dergelijk klein temperatuurverschil nauwkeurig kan meten. Sinds een halve eeuw gebruikt men daarvoor de zg. Beckmann-thermometer. Dit is een kwikthermometer met variabel meetgebied, die dank zij een zeer groot reservoir en een uitzonderlijk dunne kwikdraad een schaal heeft van ongeveer 5 cm per graad. Men kan deze thermometer met een loep aflezen tot op ongeveer 0,002 °C (0,1 mm schaallengte). In het bovenstaande voorbeeld ($\Delta t \approx 0{,}04$ °C) kan men M dus bepalen met een nauwkeurigheid van 5%. Voert men metingen uit aan stoffen met een groot molecuulgewicht, of is men genoodzaakt een oplosmiddel met kleinere D te gebruiken — niet alle stoffen lossen op in vloeistoffen met grote D; soms ook vertoont een op zichzelf zeer geschikte oplossing een grote kookvertraging —, dan kan de onzekerheid in het meetresultaat aanzienlijk groter zijn dan 5%. De nauwkeurigheid van de temperatuurmeting laat dus te wensen over. Een tweede bezwaar is dat de Beckmann-thermometer een vrij grote insteltraagheid vertoont, ten gevolge waarvan men niet meten kan op een tijdstip waarop de barometerstand sterk varieert. Het kookpunt van een vloeistof hangt immers af van de druk. Daar het hier om zeer kleine verschillen van kookpunt gaat, zijn kleine variaties in de barometerstand reeds hinderlijk.

De zojuist geschetste stand van zaken was aanleiding om uit te zien naar een gevoeliger temperatuurmeetinstrument met een geringe insteltraagheid. Gebleken is dat een weerstandsthermometer die is uitgerust met een weerstand met negatieve temperatuurcoëfficiënt (een NTC-weerstand), aan de genoemde eisen kan voldoen. De absolute waarde van de temperatuurcoëfficiënt van deze weerstanden is nl. zeer groot, zodat de thermometer gevoelig kan zijn. Verder is er in de beschikbare weerstandswaarden een voldoende ruime keus, en ten slotte heeft het stukje van het materiaal dat als weerstand fungeert, bij de zg. korrelweerstand — er bestaan ook staafvormige NTC-weerstanden — bijzonder kleine afmetingen en dus een geringe warmtecapaciteit, wat gunstig is voor het snel bereiken van thermisch evenwicht [2]).

Men kan met de weerstandsthermometer kleine temperatuurverschillen, dat wil zeggen kleine verschillen in de waarde van de meetweerstand, nauwkeurig meten door deze weerstand op te nemen in een brugschakeling van Wheatstone. Gaat men uit van de evenwichtstoestand van deze schakeling (brug stroomloos), dan is bij relatief kleine verandering van een der weerstanden de stroom door de brug (en dus de uitslag van de galvanometer) evenredig met deze weerstandsverandering. In ons geval is de galvanometeruitslag dus evenredig met de temperatuurverandering [3]).

Een schematische voorstelling van een apparaat voor het bepalen van de kookpuntsverhoging, een zg. ebullioscoop, vindt men in *fig. 1*. De te onderzoeken vloeistof bevindt zich in het vat A en wordt verwarmd met behulp van het element B. De terugvloeikoeler C beperkt het ontsnappen van damp. De boven B in de vloeistof opstijgende dampbellen worden opgevangen door de klok D en doen de vloeistof (met dampbellen vermengd) opstijgen in drie nauwe buisjes E [4]). De omhooggebrachte vloeistof stroomt ten slotte langs de buitenwand van de buis F terug, waarbij de glazen spiraal G de weg van de vloeistof zo lang mogelijk maakt en aldus de warmteafgifte bevordert. De meetweerstand van de weerstandsthermometer — voorheen dus het kwikreservoir van de Beckmann-thermometer —

---

[2]) De gewenste gevoeligheid kan ook verkregen worden met een platina-weerstandsthermometer. Men behoeft dan echter een zeer lange platinadraad — de temperatuurcoëfficiënt van de weerstand is klein —, ten gevolge waarvan de traagheid van het instrument veel groter is dan bij gebruik van een NTC-weerstand.

[3]) Deze evenredigheid geldt alleen binnen een zeer klein temperatuurgebied. Bij variatie van de temperatuur over een groter gebied blijkt de weerstandswaarde van een NTC-weerstand niet lineair met de temperatuur te veranderen. Dientengevolge hangt de gevoeligheid van de weerstandsthermometer (galvanometeruitslag per °C) af van de temperatuur waarbij men meet. Daar we steeds M bepalen door te vergelijken met een ijkstof die opgelost is in hetzelfde oplosmiddel, is dit echter voor ons in 't geheel geen bezwaar.

[4]) Het omhoogbrengen van een vloeistof met behulp van de zg. dampbellenpomp kwam onlangs in dit tijdschrift in geheel ander verband ter sprake (Philips techn. T. **20**, 203, 1958 no. 6/7). Men vindt daar ook een verklaring van de werking van deze pomp.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

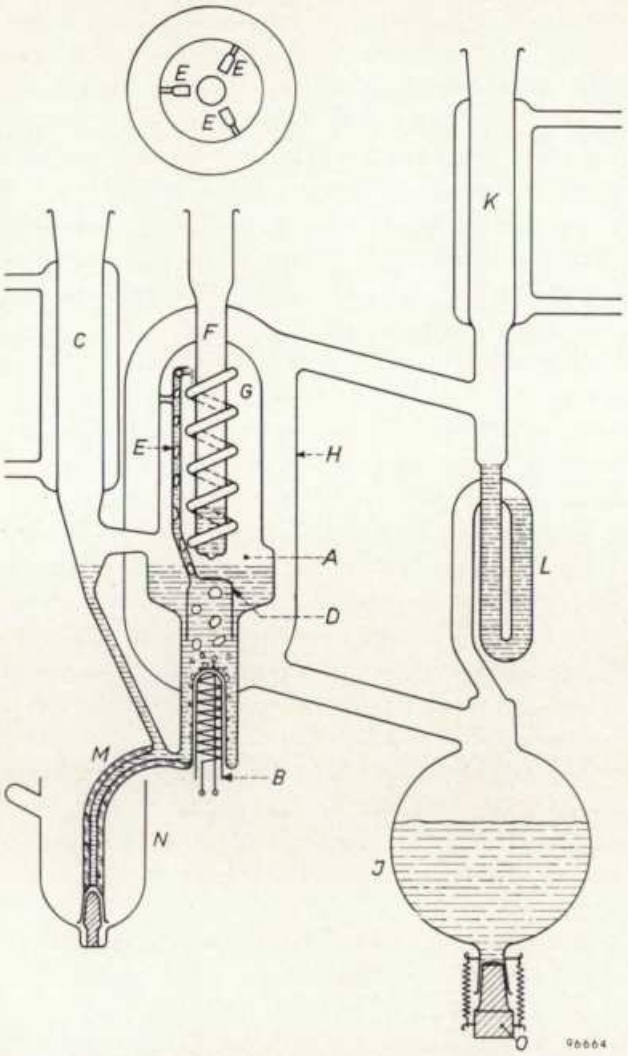


Fig. 1. Schematische voorstelling van een ebullioscoop met dampmantel volgens model van het Centraal Instituut voor Fysisch-Chemische Constanten (C.I.P.C.) te Utrecht.

bevindt zich onder in de buis F, en wel ondergedompeld (terwille van een goed warmtecontact) in een kleine hoeveelheid silikoonolie. In de ruimte tussen het kookvat en de mantel H bevindt zich damp van het kokende oplosmiddel. Deze ruimte fungeert als warmte-isolator. De genoemde damp ontstaat doordat men een zekere hoeveelheid van hetzelfde oplosmiddel als zich in A bevindt, in de kolf I aan de kook brengt. In de koeler K wordt de damp weer gecondenseerd. Het condensaat keert ten slotte via het vloeistofslot L naar de kolf terug. Met behulp van de capillair M en het vaatje N resp. de stop O kan men na de meting de gebruikte vloeistoffen aftappen.

In de brugschakeling bevinden zich behalve de meetweerstand nog een tweede NTC-weerstand, die identiek is met de meetweerstand (bij 25 °C ca. 52 kΩ), verder twee vaste weerstanden van 5100 Ω en ten slotte twee potentiometers van 1000 Ω resp. 10 Ω voor het stroomloos maken van de brug. Het opnemen van een tweede, met de meetweerstand identieke, NTC-weerstand in de schakeling heeft de volgende voordelen. Daar de waarde van een NTC-weerstand zeer sterk met de temperatuur varieert, zou men, bij gebruik van slechts één NTC-weerstand, de instelling van de brugschakeling aanzienlijk moeten veranderen indien men na een meting met een oplosmiddel dat b.v. bij 80 °C kookt, overging op een dat bij 100 °C kookt. Door een tweede, met de meetweerstand identieke, NTC-weerstand in de schakeling op te nemen en deze bij iedere meting op de kooktemperatuur van het zuivere oplosmiddel te houden, bereikt men dat de schakeling altijd onge-

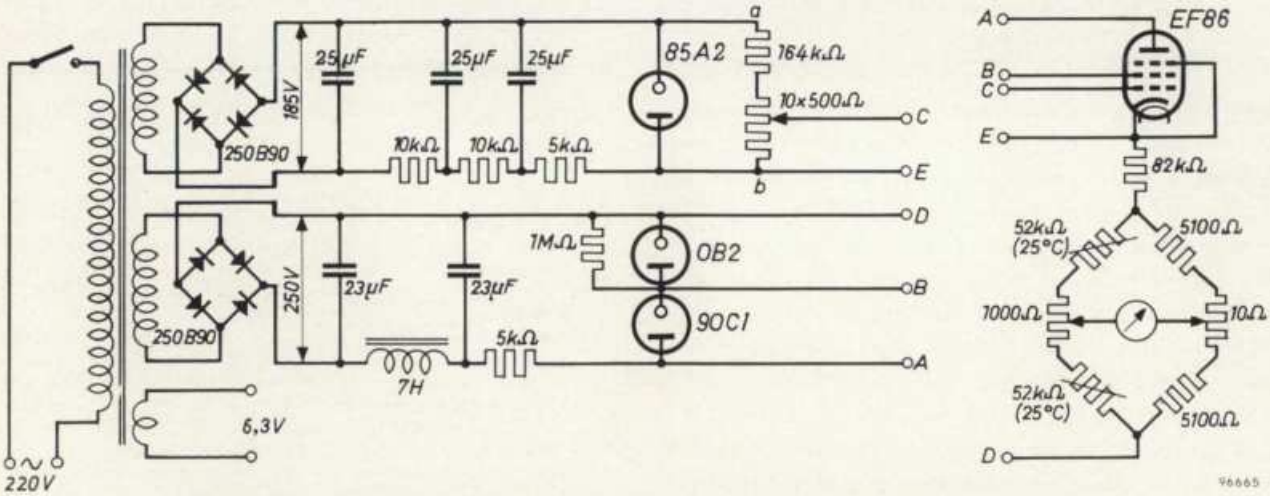


Fig. 2. De schakeling van de weerstandsthermometer. Rechts de brugschakeling van Wheatstone waarin zich de twee NTC-weerstanden bevinden. Links de voedingsschakeling die de vereiste constante gelijkspanningen levert. De beide delen moeten aan elkaar verbonden worden op de met A t/m E aangegeven punten. Door de brugschakeling te voeden met de anodestroom van de pentode, verkrijgt men een zeer grote stabiliteit. Deze stroom kan gevarieerd worden door verandering van de stuurroosterspanning (C-E), die men via een 9-standenschakelaar afneemt van de spanningsdeler a-b.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

veer in evenwicht is, welk oplosmiddel men ook gebruikt. De potentiometers waarmee de instelling geschiedt, kunnen dan de bovengenoemde kleine waarde hebben. In de tweede plaats kan men op deze wijze de opstelling stabiel maken ten opzichte van veranderingen in de uitwendige omstandigheden (barometerstand, kamertemperatuur enz.), en wel kunstmatig verouderd. Ze werden daartoe gedurende een dag op een temperatuur van 150 °C gehouden; dit is 50 °C hoger dan de hoogste werktemperatuur.

De weerstanden werden niet gebruikt in de vorm waarin ze in de handel zijn. Ten einde de soldeerverbindingen tussen de draden die naar de korrel voeren en de zilverdraden die voor de verbinding

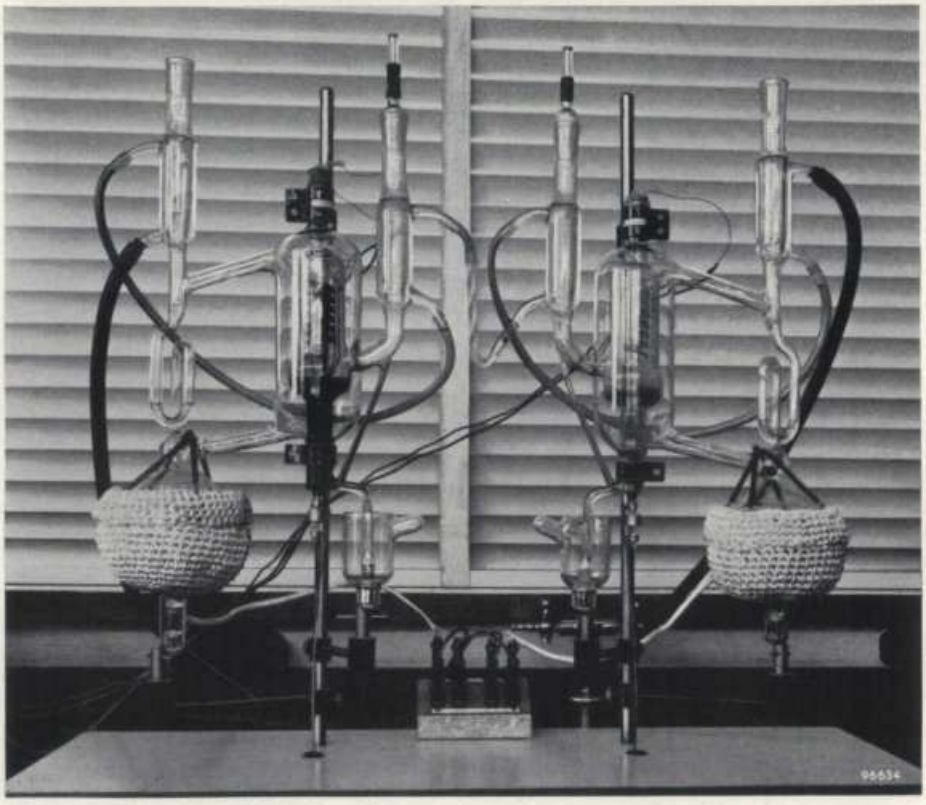


Fig. 3. Ebullioscoopopstelling waarin de temperatuurmeting geschiedt met behulp van NTC-weerstanden.

het beste door de tweede NTC-weerstand aan te brengen in een tweede ebullioscoop die identiek is met de eerste en in welks kookvat steeds het zuivere oplosmiddel aanwezig is.

Een schema van de brugschakeling en van de voedingsschakeling daarvoor vindt men in *fig. 2*. *Fig. 3* toont de opstelling van de beide ebullioscopen.

Voor de juist besproken toepassing moet men aan de constantheid van de NTC-weerstanden een zeer hoge eis stellen. Gebleken is dat de reeds genoemde korrelweerstanden (Philips B8.320.05P) aan deze eis kunnen voldoen: de variatie in de waarde der weerstanden zelf bleek kleiner dan 1 op 10^5 te zijn, de gevoeligheid van de schakeling (galvanometeruitslag per °C) week zelden meer dan $\frac{1}{2}\%$ van de gemiddelde waarde af.

Vóór het gebruik werden de korrelweerstanden met de rest van de schakeling zorgen, gemakkelijk op gelijke en constante temperatuur te kunnen houden — dit is noodzakelijk om het optreden van een thermospanning te voorkomen —, werden de weerstanden ingekort van 12 tot 2 cm. Het is aldus mogelijk ook deze soldeerplaatsen in de silikoonolie te doen verblijven (*fig. 4* en *5*).

Met de zojuist beschreven opstelling is het mogelijk temperatuurverschillen te meten met een nauwkeurigheid van ca. 3×10^{-4} °C. Dit betekent dat men thans in staat is een molecuulgewicht van b.v. 2500 te bepalen met een nauwkeurigheid van enkele procenten, en molecuulgewichten kleiner dan 500 met een nauwkeurigheid die beter is dan 1%. Anderzijds kan men bij onderzoek aan stoffen met een klein molecuulgewicht nu ook gebruik maken van oplosmiddelen met kleine moleculaire kookpunts-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

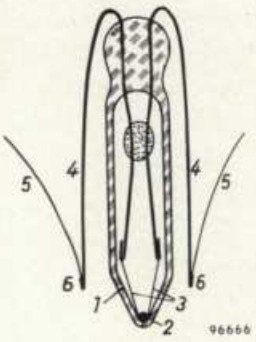


Fig. 4

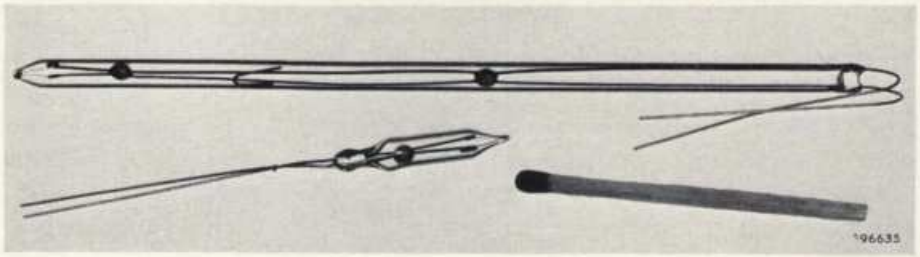
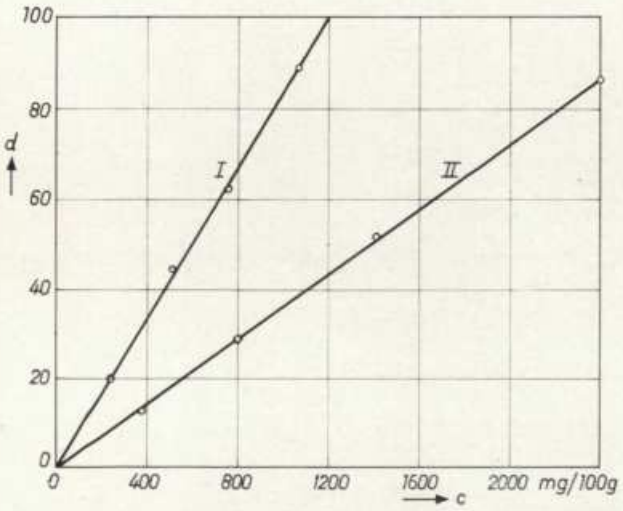


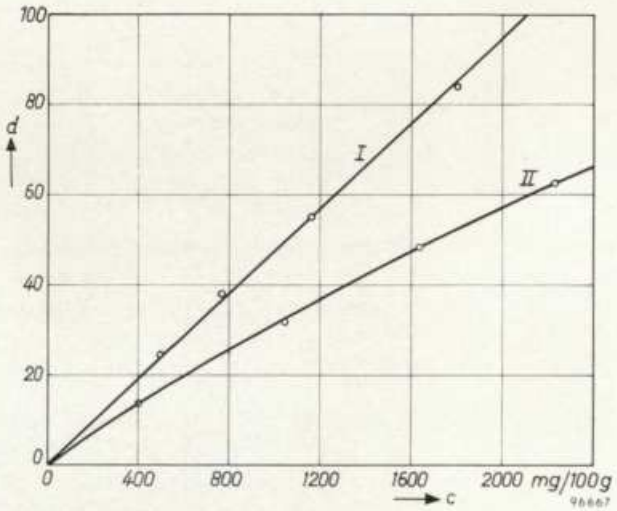
Fig. 5

Fig. 4. Schematische doorsnede van de gebruikte korrel-NTC-weerstanden (2× de ware grootte). *1* glazen buisje, *2* korrel van materiaal met negatieve temperatuurcoëfficiënt, *3* platinadraden, verbonden met de korrel, *4* uitvoerdraden, *5* zilverdraden, *6* soldeerpunten.

Fig. 5. NTC-weerstand die geschikt is voor ebullioscopische molecuulgewichtsbepaling, en een Philips NTC-weerstand van het type B8.320.05P, waaruit de eerstgenoemde weerstand verkregen is door inkorten van het glazen buisje.



a



b

Fig. 6. *a*) De galvanometeruitslag d (in willekeurige eenheden) als functie van de concentratie c van oplossingen van α-naftol (de ijkstof; $M = 144$; curve *I*) en 2-difenylacetyl-1-naftol ($M = 338$; curve *II*) in benzeen. Beide lijnen zijn rechten door de oorsprong, waarvan de hellingscoëfficiënt omgekeerd evenredig is met het molecuulgewicht van de desbetreffende stof. *b*) Hetzelfde voor β-jonon (de ijkstof; $M = 192$) en β-cyclocitrylideenazijnzuur ($M = 194$). Voor de laatstgenoemde stof is de lijn geen rechte. Blijkbaar treedt er een reactie op, die het bepalen van het molecuulgewicht van deze stof met behulp van een oplossing in benzeen onmogelijk maakt.

verhoging en dus metingen verrichten aan allerlei stoffen die in de tot nu toe gebruikte vloeistoffen niet oplossen.

Fig. 6 toont de resultaten van enkele molecuulgewichtsbepalingen volgens de boven beschreven methode. In fig. 6*a* is het verband tussen galvanometeruitslag en concentratie zowel voor de te onderzoeken stof als voor de ijkstof lineair. Fig. 6*b* toont metingen waarbij het lineaire verband wel bestaat voor de ijkstof, maar niet voor de andere.

J. G. van PELT *).

*) N.V. Philips-Roxane, Weesp.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info
11/14/2023

FABRICAGE VAN „TL" E-LAMPEN

Het uitbranden en de eindcontrole van „TL" E-lampen
in de Philipsfabrieken te Roosendaal.

Digitized in Heiloo the Netherlands
Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvraag overdrukken.

2570: J. P. M. Gieles: La mesure du temps de transit dans les amplificateurs à triodes à 4000 Mc/s (Onde électr. **37**, 781-788, oktober 1957; Franse en Engelse tekst).

Voor versterkers in relaisstations van straalzenderverbindingen op ultrakorte golven met frequentiemodulatie is niet alleen de amplitude-, maar ook de fazekarakteristiek van groot belang. De helling van de fazekarakteristiek stelt de zg. groeplooptijd voor, en deze moet in het gebruikte frequentiegebied zo veel mogelijk onafhankelijk zijn van de frequentie. De maximaal toelaatbare variatie wordt geschat op 50 nanosec. Neemt men aan dat de afwijkingen additief zijn, dan komt dit voor straalzenders zonder frequentietransformatie, en uitgerust met uitsluitend buizen EC 56 of EC 57, neer op een toelaatbare variatie in de groeplooptijd van 0,1 nanosec per versterktrap. Metingen van de groeplooptijd dienen dan ook zeer nauwkeurig te zijn. De auteur beschrijft een meetmethode waarbij de te onderzoeken versterker is opgenomen in een gesloten lus, zodanig dat oscillatie optreedt. Om de oscillatiefrequentie in te stellen, bevat de lus een grof regelbare fazedraaier. Met een eveneens in de lus opgenomen, nauwkeurig geijkte, precisiefazedraaier introduceert men een kleine en bekende fazedraaiing $\Delta\varphi$, die automatisch wordt gecompenseerd door een dan optredende verandering $\Delta\omega$ van de oscillatiefrequentie. De totale groeplooptijd τ_{gt} voor de lus vindt men uit $\tau_{gt} = -\Delta\varphi/\Delta\omega$. De verandering $\Delta\omega$ wordt bepaald volgens een zwevingsmethode. Van alle elementen in de lus, uitgezonderd de onderzochte versterker, is de groeplooptijd bekend; door aftrekking vindt men de gezochte groeplooptijd. De nauwkeurigheid bedraagt ca. 0,1 nanosec. De meetresultaten tonen aan dat men met buizen EC 56 of EC 57 aan de gestelde zware eisen kan voldoen.

Het artikel bevat nog enige opmerkingen betreffende amplitude-fazeconversie. Deze bedraagt voor een EC 57 slechts 0,8 °/dB bij een uitgangsvermogen van 1,5 watt.

2571: J. Links, J. E. Rombouts en P. Keulen: The „bulging factor", a fungistatic antibiotic produced by a Streptomyces strain, with evidence of an active water-excreting mechanism in fungi (J. gen. Microbiol. **17**, 596-601, 1957, no. 3).

De „bulging factor" is een nieuw antibioticum, dat chemisch verwant is met streptotricine. Het wordt geproduceerd door een Streptomycesstam en werd geïsoleerd als reineckaat en als picraat. Uit de bestudering van het gedrag van het antibioticum is een methode voortgekomen om de activiteit ervan kwantitatief te bepalen. Er zijn aanwijzingen dat de werking berust op de aanwezigheid in schimmels van een mechanisme voor de uitscheiding van water, welk mechanisme door het antibioticum wordt beïnvloed.

2572*: G. Ahsmann: On the impedance of the anode-fall region of a glow discharge in the noble gases (Rendiconti Terzo Congresso internazionale sui fenomeni d'ionizzazione nei gas, Venetië 11-15 juni 1957, Società Italiana di Fisica, Milaan 1957, blz. 19-25).

De complexe impedantie van glimontladingen werd gemeten aan gasontladingsbuizen met instelbare elektrodeafstand. Bij toenemende elektrodeafstand blijkt de impedantie aanvankelijk weinig van deze afstand af te hangen; is de afstand echter zo groot geworden dat zich een anodeval begint te ontwikkelen, dan neemt in een bepaald frequentiegebied de impedantie sterk toe. De oorzaak van deze toeneming ligt in de anodevallaag en in de donkere ruimte van Faraday. Er wordt een vervangingsschema gegeven voor het anodegebied van de ontlading.

2572a*: J. A. Kok: Mechanism and properties of various types of electrical discharges in gas-filled triodes (Rendiconti Terzo Congresso internazionale sui fenomeni d'ionizzazione nei gas, Venetië 11-15 juni 1957, Società Italiana di Fisica, Milaan 1957, blz. 548-557).

Van het onderzoek waarop deze voordracht betrekking heeft, verscheen reeds een verslag in Appl. sci. Res. **B 5**, 445-453, 1956, en **B 6**, 207-221, 1956; zie deze overzichten no.'s **2368** en **2445**.

2572b*: W. Verwey: Probe measurement of electron temperature in the positive column of a rare-gas discharge and correlation with microwave noise (Rendiconti Terzo Congresso internazionale sui fenomeni d'ionizzazione nei gas, Venetië 11-15 juni 1957, Società Italiana di Fisica, Milaan 1957, blz. 1115-1130).

De Langmuir-sonde is een uiterst waardevol

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

hulpmiddel voor het bepalen van elektronentemperaturen in de positieve zuil van gasontladingen. De betrouwbaarheid ervan is echter aan twijfel onderhevig, speciaal bij grote stroomdichtheden en betrekkelijk hoge gasdrukken. Dit artikel beschrijft metingen met de sonde aan ontladingsbuizen met edelgasvullingen tot drukken van 30 mm Hg, waarin stroomdichtheden van 400 A/cm² optreden. Deze buizen waren ontwikkeld als standaardruisbronnen in het cm-golfgebied. De elektronentemperaturen, bepaald met de sonde, bleken goed overeen te stemmen met die, bepaald uit metingen van de ruis. Bij de metingen met de sonde werd speciale aandacht besteed aan de invloed van de uittreepotentiaal van het sondemateriaal.

2572c*: N. Warmoltz en H. J. J. van Boort: A flash tube for colour photography of the human retina (Rendiconti Terzo Congresso internazionale sui fenomeni d'ionizzazione nei gas, Venetië 11-15 juni 1957, Società Italiana di Fisica, Milaan 1957, blz. 1131-1134).

Korte beschrijving van een methode om kleurenfoto's te maken van het netvlies van het menselijk oog voor diagnostische doeleinden. Er wordt een speciaal ontwikkelde elektronische flitslamp gebruikt, die een zeer grote helderheid heeft (piekwaarde ca. $1{,}5\times10^6$ cd/cm², d.i. $9\times$ zo helder als de zon) en een flitsduur van 3,5 msec. Door de korte belichtingsduur, die voldoende is dank zij de grote helderheid, worden veel scherpere foto's verkregen dan met de gebruikelijke koolboog. Een condensator van 6000 μF, die tot 500 V wordt geladen, levert een energie van 750 joule aan de flitslamp.

2573: J. Smit: The spontaneous Hall effect in ferromagnetics, II (Physica **24**, 39-51, 1958, no. 1).

Het Hall-effect in ferromagnetica welke vreemde atomen bevatten, moet voor een deel worden toegeschreven aan de spontane magnetisatie. De auteur zoekt de verklaring hiervan in verstrooiing van de gemagnetiseerde geleidingselektronen (in dit geval 3*d*-elektronen) door niet-centrale botsingen met de vreemde atomen in het rooster. Dat de botsingen niet centraal zijn, komt doordat de elektronen, als gevolg van spin-baanwisselwerking, enigszins zijn verschoven in de richting loodrecht op de stroom en loodrecht op het magneetveld. Het probleem om de invloed van deze verschuiving op het Hall-effect te berekenen, is bij benadering opgelost door het te transformeren in het probleem van de verstrooiing van niet-verschoven elektronen door draaikolkachtige verstoringen in het potentiaalveld. De berekende Hall-hoek is van dezelfde orde van grootte als de experimenteel gevonden hoek (ca. 10^{-2} rad). Tevens wordt algemeen bewezen dat verstrooiing door roostertrillingen een Hall-effect tot gevolg heeft dat evenredig is met het kwadraat van de soortelijke weerstand. Dit is experimenteel ook waargenomen bij zuiver ijzer en nikkel.

2574: U. Enz: Time-dependent constricted hysteresis loops in a single crystal of manganese ferrous ferrite (Physica **24**, 68-70, 1958, no. 1).

De beginpermeabiliteit van mangaanferroferriet werd aan een monokristallijne ring gemeten als functie van de tijd nadat de ring was gedemagnetiseerd door een wisselveld van afnemende amplitude. De beginpermeabiliteit nam af als functie van de tijd (zg. desaccommodatie), in sommige gevallen zelfs tot 5% van de waarde onmiddellijk na de demagnetisering, een desaccommodatie dus van 95%. Aangetoond wordt dat desaccommodatie een gevolg is van een blokkering van de Bloch-wanden. Een ander gevolg van deze blokkering is dat er ingesnoerde hysteresislussen optreden, waarvoor een kritische veldsterkte bestaat, nl. de veldsterkte die de blokkering juist kan overwinnen. De mate van blokkering en van insnoering variëren beide met de tijd.

2575: G. W. van Oosterhout en C. J. M. Rooijmans: A new superstructure in gamma-ferric oxide (Nature **181**, 44, 4 jan. 1958).

Tot nu toe werd algemeen aangenomen dat γ-Fe_2O_3 een structuur heeft die dezelfde is als die van Fe_3O_4 (spinelstructuur), maar waarin Fe-vacatures voorkomen die — eventueel gecombineerd met H^+-ionen — willekeurig over bepaalde octaëderplaatsen zijn verdeeld. Een nauwkeurig onderzoek met behulp van röntgendiffractie heeft thans geleerd dat de Fe-vacatures geordend zijn. De kristallografische eenheidscel bestaat uit drie spinelblokken boven elkaar, waarin de verdeling van acht vacatures bepaald wordt door een viertallige schroefas.

2576: J. Verweel: Fysische eigenschappen van ferromagnetische oxydes (Ingenieur **70**, O 7-O 11, 1958, no. 2).

Beknopt overzicht van enige essentiële punten uit de theorie van het ferromagnetisme, toegepast op ferromagnetische oxydes. De belangrijkste eigenschappen van permanent magnetische en van magnetisch zachte oxydes worden besproken. Het gedrag van de beginpermeabiliteit van de magnetisch zachte soorten als functie van de frequentie wordt toegelicht, waarbij speciaal wordt ingegaan op de ferromagnetische resonantie, die de hoogste

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

frequentie bepaalt waarbij deze materialen als magnetisch zacht kernmateriaal kunnen worden toegepast.

R 350: H. J. Oskam: Microwave investigation of disintegrating gaseous discharge plasmas (Philips Res. Repts. **13**, 401-457, 1958, no. 5).

Vervolg van **R 349.**

R 351: G. Diemer, G. J. van Gurp en W. Hoogenstraaten: Analysis of mixed ambipolar and exciton diffusion in CdS crystals (Philips Res. Repts. **13**, 458-484, 1958, no. 5).

Het artikel (vervolg zie **R 359**) bevat een uitvoerige bespreking van de omstandigheden waaronder experimenten zijn uitgevoerd die tot doel hadden de diffusie van excitonen vast te stellen. De excitonen werden gevormd door bestraling met licht van een CdS-kristal dat gedeeltelijk was afgedekt. De gevormde excitonen diffunderen dan naar het verduisterde gedeelte van het kristal en geven door dissociatie aanleiding tot het optreden van een zeker geleidingsvermogen. In vele gevallen verdrinkt het effect van de excitonendiffusie in allerlei bijverschijnselen; een der belangrijkste hiervan is het ontstaan van vrije ladingdragers door fluorescentielicht dat in het kristal zelf wordt opgewekt. De eisen waaraan een kristal moet voldoen opdat de bijverschijnselen niet storend werken, worden besproken. Aan een kristal dat aan deze eisen voldeed, zijn uitvoerige onderzoekingen verricht, die het optreden van excitonendiffusie zeer waarschijnlijk maken (diffusielengte bij kamertemperatuur ca. 3 mm). Ook de voortplantingssnelheid van de excitonendiffusie wordt besproken.

R 352: O. W. Memelink: The deplistor, a semiconductor switching device (Philips Res. Repts. **13**, 485-488, 1958, no. 5).

Beschrijving van de bouw en de werking van een nieuw elektronisch schakelelement, dat verwant is met de lagentransistor, maar waarbij wordt uitgegaan van een kristalplaatje van intrinsiek germanium. Hieraan worden, door legeren, op bepaalde plaatsen *P*- en *N*-gebieden aangebracht, die van elektrodes zijn voorzien. Het schakelelement heeft van de auteur de naam „deplistor" gekregen. Indien hij in een geschikt netwerk wordt opgenomen, kan de deplistor dienst doen als schakelaar. De werking berust op het ontstaan van een groot uitputtingsgebied (gebied waarin zich geen ladingsdragers bevinden) in intrinsiek germanium bij een overgang naar een *N*-gebied, als over deze overgang een spanning in de keerrichting wordt aangelegd.

R 353: P. Winkel en D. G. de Groot: Impedance of dielectric layers (Philips Res. Repts. **13**, 489-498, 1958, no. 5).

Uit de theorie van Gevers en Du Pré over het diëlektrische gedrag van amorfe stoffen volgt een zeker verband tussen de reële en de imaginaire component van de impedantie van een laag amorf diëlektricum. De auteurs hebben, bij metingen aan amorfe lagen die waren gevormd door anodische oxydatie van Al en Ta, het bedoelde verband bevestigd gevonden. Derhalve verschaffen deze metingen geen enkele aanwijzing voor de veel gehuldigde opvatting dat deze oxydelagen aan de zijde van het metaal meer, en aan de zijde van de elektrolyt minder metaalionen bevatten dan overeenkomt met de stoechiometrische samenstelling. Bepaalde eigenschappen die men met behulp van deze asymmetrie-hypothese verklaarde, kunnen ook worden verklaard, uitgaande van de algemene theorie van Gevers en Du Pré. De experimentele resultaten, verkregen met laagjes aluminiumoxyde die wat boehmiet bevatten, kunnen zelfs alleen met de laatstgenoemde theorie worden verklaard.

Verschenen is:

Tube & semiconductor selection guide 1958-1959, compiled by Th. J. Kroes (Philips' Technische Bibliotheek 1958, ca. 160 blz.; tweede, herziene, druk).

Dit boekje — bijna twee maal zo dik als de eerste druk — bevat in tabelvorm beknopte gegevens van buizen en ditmaal ook van germaniumdiodes en transistors, gerangschikt naar typenummer. De tabellen zijn verdeeld in acht groepen, als volgt getiteld: 1. Index of tube and semiconductor types, 2. Tubes for receivers and amplifiers, 3. Cathode-ray tubes, 4. Transmitting tubes, 5. Tubes for microwave equipment, 6. Industrial tubes, 7. Miscellaneous, 8. Semiconductors. Vooraf gaan een verklarende inleiding (met Nederlandse vertaling) en een alfabetische lijst van Engelse termen, met hun vertaling in het Frans, Duits en Spaans.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!